NAUKOWE ODPOWIEDZI

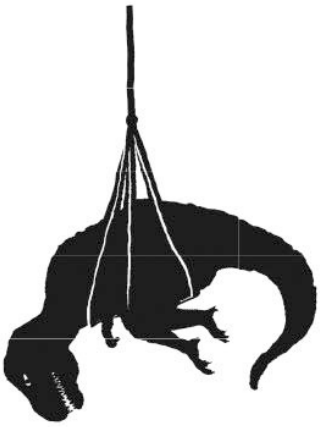
na absurdalne i hipotetyczne pytania

what if?

A co gdyby?

RANDALL MUNROE

RANDALL MUNROE



what if?

A co, gdyby?

Przełożył Sławomir Paruszewski

Wydawnictwo Czarna Owca
Warszawa 2015

Spis treści

Okładka

Strona tytułowa

Strona redakcyjna

Globalna wichura

Relatywistyczna piłka baseballowa

Basen z wypalonym paliwem

Maszyna czasu w nowojorskim stylu

Bratnie dusze

Wskaźnik laserowy

Mur pierwiastków

Wszyscy skaczą

Mol kretów

Suszarka do włosów

Ostatnie światło ludzkości

Plecak odrzutowy z karabinu maszynowego

Równomierne wznoszenie się

Orbitalna łódź podwodna

Rozdział krótkich odpowiedzi

Pioruny

Ludzki komputer

Mała planeta

Upadek steku

Krążek hokejowy

Zwykłe przeziębienie

Szklanka w połowie pusta

Astronomowie z Kosmosu

Brak DNA

Międzyplanetarna Cessna

Yoda

Pomijane stany

Opadanie z użyciem helu

Wszyscy w Kosmos

Samozapłodnienie

Rzut wzwyż

Zabójcze neutrina

Próg zwalniający

Zagubieni nieśmiertelni

Prędkość orbitalna

Przepustowość łącza FedEx

Swobodne spadanie

Sparta

Osuszanie oceanów. Część I

Osuszanie oceanów. Część II

Twitter

Most z klocków Lego

Najdłuższy zachód słońca

Przypadkowe kichnięcie

Powiększająca się Ziemia

Nieważka strzała

Ziemia bez Słońca

Uaktualnianie drukowanej Wikipedii

Facebook ludzi umarłych

Zachód słońca nad imperium brytyjskim

Mieszanie herbaty

Wszystkie pioruny

Najbardziej samotny człowiek

Kropla deszczu

Zgadywanie odpowiedzi w teście SAT

Pocisk neutronowy

15 w skali Richtera

Przypisy końcowe

Tytuł oryginału:
WHAT IF? SERIOUS SCIENTIFIC ANSWERS TO ABSURD HYPOTHETICAL QUESTIONS

Konsultacja merytoryczna:
Agnieszka Drzazgowska

Redakcja językowa:
Milena Schefs

Cover and layout design © Christina Gleason

Adaptacja okładki:
Magdalena Zawadzka

Korekta:
Małgorzata Denys, Maciej Korbasiński

WHAT IF? Serious Scientific Answers to Absurd Hypothetical Questions by Randall Munroe.
Copyright © xkcd inc 2015
By arrangement with the author. All rights reserved
Copyright for the Polish edition © by Wydawnictwo Czarna Owca, 2015

Wydanie I

ISBN 978-83-7554-971-3

Wydawnictwo Czarna Owca Sp. z o.o.
ul. Alzacka 15a, 03-972 Warszawa
www.czarnaowca.pl
Redakcja: tel. 22 616 29 20; e-mail: redakcja@czarnaowca.pl
Dział handlowy: tel. 22 616 29 36; e-mail: handel@czarnaowca.pl
Księgarnia i sklep internetowy: tel. 22 616 12 72; e-mail: sklep@czarnaowca.pl

Konwersję do wersji elektronicznej wykonano w systemie **Zecer**.

OSTRZEŻENIE

Nie próbujcie robić tych rzeczy w domu! Autor tej książki jest rysownikiem, twórcą komiksów internetowych, a nie specjalistą od bezpieczeństwa i higieny pracy. Lubi, gdy przedmioty zapalają się lub eksplodują, co oznacza, że nie bierze pod uwagę Waszego dobra. Wydawca i autor nie ponoszą odpowiedzialności za jakiekolwiek szkodliwe następstwa, bezpośrednie lub pośrednie, będące wynikiem lektury tej książki.

Wstęp

NINIEJSZA KSIĄŻKA JEST zbiorem odpowiedzi na hipotetyczne pytania.

Pytania te zostały mi zadane za pośrednictwem mojej strony internetowej, na której – oprócz rubryki z poradami dla szalonych naukowców – stworzyłem również xkcd, internetowy komiks z patyczkowatymi postaciami.

Nie zaczynałem od rysowania komiksów. W szkole studiowałem fizykę, a po ukończeniu nauki pracowałem w NASA w dziale robotyki. W końcu odszedłem z NASA, aby poświęcić się rysowaniu komiksów, ale moje zainteresowanie nauką i fizyką nie osłabło. I ostatecznie znalazłem nowe pole realizacji moich pasji: udzielam odpowiedzi na zadawane mi w internecie dziwne i czasami niepokojące pytania. W tej książce znajdziecie wybór najciekawszych odpowiedzi z mojej strony internetowej oraz garść nowych pytań, na które odpowiadam po raz pierwszy.

Od kiedy pamiętam, starałem się szukać odpowiedzi na dziwne pytania za pomocą matematyki. W wieku pięciu lat przeprowadziłem z matką rozmowę, która została zapisana i umieszczona w albumie rodzinnym. Kiedy matka dowiedziała się, że piszę książkę, odszukała zapis tej rozmowy i przesłała mi go. Oto ona, skopiowana z 25-letniej kartki papieru.

Randall: Czy w naszym domu jest więcej miękkich, czy twardych przedmiotów?

Julie: Nie wiem.
Randall: A na świecie?
Julie: Nie wiem.
Randall: No dobrze, w każdym domu są trzy albo cztery poduszki, tak?
Julie: Tak.
Randall: I w każdym domu jest około piętnastu magnesów, tak?
Julie: Tak myślę.
Randall: Więc piętnaście plus trzy lub cztery, niech będzie cztery, to jest dziewiętnaście, tak?
Julie: Zgadza się.
Randall: Czyli na świecie jest prawdopodobnie około 3 miliardów miękkich i… 5 miliardów twardych przedmiotów. To które wygrywają?
Julie: Myślę, że twarde.

Do dzisiaj nie mam pojęcia, skąd wziąłem te 3 miliardy i 5 miliardów. Na pewno nie wiedziałem wtedy, co oznaczają takie liczby.

Moja znajomość matematyki z czasem nieco się poprawiła, ale zainteresowanie nią ma dziś tę samą przyczynę co wtedy: chcę poznać odpowiedzi na różne pytania.

Mówi się, że nie ma głupich pytań. To oczywiście nieprawda. Wydaje mi się, że na przykład moje pytanie o twarde i miękkie przedmioty było dosyć głupie. Ale okazuje się, że próba znalezienia precyzyjnej odpowiedzi na głupie pytanie może nas zaprowadzić w całkiem interesujące miejsca. Wciąż nie wiem, czy na świecie jest więcej twardych, czy miękkich przedmiotów, ale po drodze dowiedziałem się wielu innych rzeczy. Poniżej przedstawiam wam moje ulubione etapy tej podróży.

RANDALL MUNROE

what if?

A co, gdyby?

Globalna wichura

Co by się stało, gdyby Ziemia wraz ze wszystkimi znajdującymi się na niej obiektami nagle przestała się obracać wokół osi, a atmosfera nadal poruszałaby się z tą samą prędkością?

ANDREW BROWN

PRAWIE WSZYSCY BY ZGINĘLI. A później zrobiłoby się ciekawie…

Na równiku powierzchnia Ziemi porusza się z prędkością około 470 metrów na sekundę – czyli prawie 1700 kilometrów na godzinę – względem osi planety. Gdyby Ziemia zatrzymała się, a otaczające ją powietrze nadal by się poruszało, nagle pojawiłyby się wiatry wiejące z prędkością 1700 kilometrów na godzinę.

Te wiatry byłyby najsilniejsze na równiku, ale wszystkich i wszystko, co żyje pomiędzy 42° szerokości geograficznej północnej a 42° południowej (włączając w to około 85 procent światowej populacji), zdmuchnąłby wiatr wiejący z ponaddźwiękową prędkością. Najsilniejsze porywy tuż nad powierzchnią Ziemi trwałyby tylko przez kilka minut, a potem wiatr

zwolniłby w wyniku tarcia. Jednak w ciągu tych kilku minut wszystkie ludzkie budowle obróciłyby się w perzynę.

Mój dom w Bostonie leży wystarczająco daleko na północy, aby znaleźć się poza strefą wiatrów o ponaddźwiękowej prędkości. Jednak wiejące tam wiatry byłyby ponad dwa razy silniejsze od najsilniejszych tornad. Wszystkie budynki, począwszy od szop, a skończywszy na drapaczach chmur, zostałyby zniszczone, wyrwane z fundamentów, a ich elementy toczyłyby się po ziemi.

Wiatry te byłyby słabsze w pobliżu biegunów, ale żadne skupiska ludzkie nie leżą wystarczająco daleko od równika, żeby uniknąć zniszczenia. Longyearbyen na wyspie w archipelagu Svalbard w Norwegii – najwyżej położone miasto na Ziemi – zostałoby zniszczone przez wiatry o sile równej najpotężniejszym cyklonom tropikalnym.

Jeśli chcielibyśmy ten wiatr przeczekać, jednym z najlepszych miejsc mogłyby być Helsinki. Mimo że samo ich położenie – 60° stopni szerokości geograficznej północnej – nie zapewniłoby miastu ochrony, to w skałach, na których jest ono zbudowane, znajduje się skomplikowana sieć tuneli

wraz z podziemnymi galeriami handlowymi, lodowiskiem do gry w hokeja, kompleksem basenów itp.

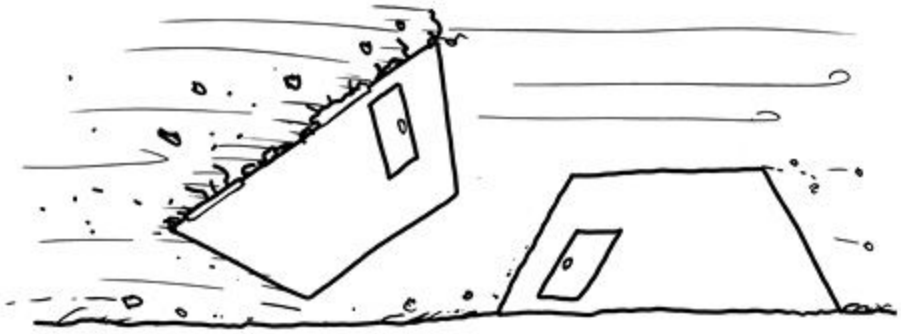
PRZEZ TE WSZYSTKIE LATA ŚMIALIŚCIE SIĘ Z NAS, ŻE MIESZKAMY W TAKIM ZIMNYM I PONURYM MIEJSCU!
FRAJERZY!
...EIPÄÄ NAURA ENÄÄ!
SIITÄS SAITTE!!

Żadne budynki nie byłyby bezpieczne; nawet konstrukcje wystarczająco mocne, aby wytrzymać taki wiatr, miałyby kłopoty. Jak powiedział komik Ron White: „Nieistotne jest **to**, że wieje wiatr, ważne, **co** ten wiatr ze sobą niesie”.

Załóżmy teraz na chwilę, że możemy schronić się w masywnym bunkrze zbudowanym z materiałów odpornych na wiatry wiejące z prędkością 1700 kilometrów na godzinę.

No i świetnie; wszystko byłoby w porządku… gdyby istniał tylko nasz bunkier.

Niestety, prawdopodobnie mielibyśmy jednak sąsiadów. Gdyby któryś z nich miał bunkier leżący od strony nawietrznej w stosunku do naszego i jego bunkier byłby gorzej umocowany w ziemi, nasz bunkier musiałby wytrzymać uderzenie **tamtego** bunkra lecącego z prędkością 1700 kilometrów na godzinę.



Gatunek ludzki by nie wyginął[1]. Oczywiście na powierzchni Ziemi ocalałoby bardzo niewielu ludzi; latające w powietrzu elementy konstrukcji starłyby na proch wszystko, co nie byłoby zdolne przetrwać wybuchu jądrowego. Jednak wiele osób znajdujących się wówczas pod ziemią miałoby się doskonale. Gdybyśmy w tym momencie siedzieli w głębokiej piwnicy (lub jeszcze lepiej w tunelu metra), mielibyśmy duże szanse na przeżycie.

Byliby też inni szczęśliwcy. Dla dziesiątków naukowców i personelu stacji naukowo-badawczej Amundsen–Scott na biegunie południowym takie wiatry nie stanowiłyby zagrożenia. Dla nich pierwszym niepokojącym sygnałem byłaby nagła cisza, która zapadłaby nad resztą świata. Tajemnicza cisza prawdopodobnie zdenerwowałaby ich na chwilę, ale w końcu ktoś zwróciłby uwagę na coś jeszcze dziwniejszego…

SŁOŃCE SIĘ NIE PORUSZA.
OCH, ZIEMIA MUSIAŁA PRZESTAĆ SIĘ OBRACAĆ, NISZCZĄC WSZYSTKO W GLOBALNEJ NAWAŁNICY.
NIENAWIDZĘ TAKICH SYTUACJI.
KOPNĘ JĄ I ZOBACZYMY, CZY ZNOWU ZACZNIE SIĘ OBRACAĆ.

Powietrze

Po ustaniu wiatrów powierzchniowych zrobiłoby się jeszcze dziwniej.

Podmuch wiatru zmieniłby się w podmuch gorąca. W normalnych warunkach energia kinetyczna wiejącego wiatru jest na tyle mała, że można ją pominąć, ale to nie byłby normalny wiatr. Gwałtowne zatrzymanie się wiatru spowodowałoby rozgrzanie powietrza. Nad lądami doprowadziłoby to do dużego wzrostu temperatury, a na obszarach o dużej wilgotności powietrza – do globalnych burz.

Jednocześnie wiatry wiejące nad oceanami zmąciłyby i rozpyliłyby powierzchniową warstwę wody. Przez chwilę ocean nie miałby w ogóle powierzchni, niemożliwe byłoby określenie, gdzie kończy się woda w postaci lotnej, a zaczyna właściwy ocean.

Oceany są **zimne**. Poniżej cienkiej warstwy powierzchniowej mają one niemal wszędzie temperaturę równą 4°C. Burza wzburzyłaby zimną wodę z głębin. Napływ zimnej mgły do bardzo gorącego powietrza przyczyniłby się do powstania pogody nigdy wcześniej niewystępującej na Ziemi –

trudnej do zniesienia mieszaniny wiatru, pary wodnej, wody, mgły i gwałtownych zmian temperatury.

Pionowy ruch wody doprowadziłby do rozkwitu różnych form życia, ponieważ świeże substancje odżywcze dotarłyby do górnych warstw oceanów. Jednocześnie nastąpiłoby masowe wymieranie ryb, krabów, żółwi morskich i zwierząt nieumiejących poradzić sobie z napływem słabo natlenionej wody z głębin. Każdy gatunek zwierzęcia, który musi oddychać powietrzem atmosferycznym – taki jak wieloryby czy delfiny – miałby problemy z przetrwaniem w tym wzburzonym obszarze na granicy morza i powietrza.

Fale przetoczyłyby się wokół Ziemi ze wschodu na zachód i każdy wschodni brzeg doświadczyłby największego przypływu w historii świata. Oślepiająca chmura morskiej wody w postaci mgły wdarłaby się w głąb lądu, a za nią podążyłaby jak tsunami wzburzona ściana wody.

Na niektórych obszarach fale dotarłyby wiele kilometrów w głąb lądu.

Wichury wzbiłyby ogromne ilości pyłu i różnych szczątków do atmosfery. Jednocześnie nad zimną powierzchnią oceanów utworzyłaby się gęsta warstwa mgły. Normalnie doprowadziłoby to do gwałtownego spadku temperatury. Tak stałoby się i w tym przypadku. Przynajmniej po jednej stronie Ziemi.

Gdyby nasza planeta przestała się obracać, przerwaniu uległby także normalny cykl dnia i nocy. Słońce nie przestałoby całkowicie przemieszczać się po niebie, ale zamiast wschodzić i zachodzić raz dziennie, robiłoby to raz do **roku**.

Dzień i noc trwałyby po pół roku, nawet na równiku. Po dziennej stronie Ziemi jej powierzchnia piekłaby się nieustannie w promieniach Słońca, podczas gdy po nocnej stronie temperatura gwałtownie by spadła.

Konwekcja termiczna po dziennej stronie doprowadziłaby do potężnych burz na obszarach wystawionych na działanie Słońca [2].

Taka Ziemia przypominałaby, w pewnym sensie, jedną z obracających się synchronicznie planet pozasłonecznych, powszechnie spotykanych w pobliżu czerwonych karłów, w tej strefie, w której panują warunki sprzyjające rozwojowi życia. Lepszym porównaniem byłaby jednak Wenus w początkowym stadium formowania. Jej własna rotacja sprawia, że jedna strona planety jest – podobnie jak w przypadku zatrzymanej Ziemi – przez całe miesiące zwrócona ku Słońcu. Jednak gruba atmosfera Wenus krąży całkiem szybko, czego następstwem są dni i noce o zbliżonej temperaturze.

Chociaż długość dnia na naszej nieruchomej planecie zmieniłaby się, długość miesiąca pozostałaby taka sama! Księżyc nie przestałby krążyć wokół Ziemi. Jednak bez rotacji naszej planety dostarczającej energii pływom morskim Księżyc **mógłby** przestać oddalać się od Ziemi (tak jak to robi teraz) i zacząć powoli się do niej zbliżać.

W rzeczywistości Księżyc – nasz wierny towarzysz – mógłby spróbować nawet cofnąć zniszczenia spowodowane scenariuszem napisanym przez Andrew. Obecnie Ziemia obraca się szybciej niż Księżyc, a pływy zwalniają rotację naszej planety, powodując jednocześnie oddalanie się naszego satelity [3]. Gdyby Ziemia przestała się obracać, Księżyc przestałby

się od niej oddalać. Pływy, zamiast zwalniać, mogłyby przyspieszać ruch obrotowy planety, a grawitacja Księżyca po cichu, delikatnie pociągnęłaby Ziemię…

HEJ, ZIEMIO!
ZIEMIO? DLACZEGO SIĘ ZATRZYMAŁAŚ?
O, NIE! WSZYSTKO W PORZĄDKU? ZIEMIO, CZY WSZYSTKO GRA?
ZIEMIO!
NIE BÓJ SIĘ.
JESTEM TUTAJ, ZIEMIO. TWÓJ KSIĘŻYC JEST TUTAJ.

…i nasza planeta znowu zaczęłaby się obracać.

NIGDY CIĘ NIE
OPUSZCZĘ!

Relatywistyczna piłka baseballowa

Co by się stało, gdybyśmy rzucili piłką do baseballu z prędkością wynoszącą 90 procent prędkości światła?

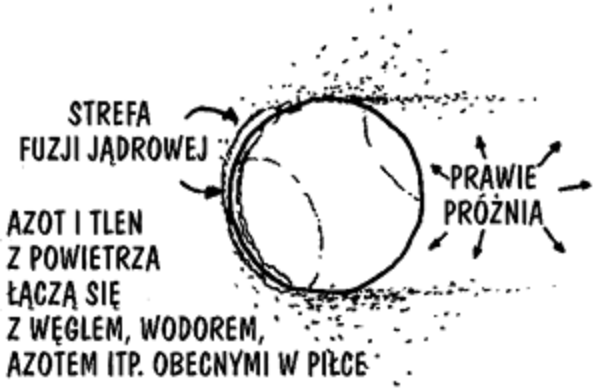
ELLEN MCMANIS

Pomińmy pytanie, w jaki sposób nadalibyśmy piłce baseballowej tak dużą prędkość. Załóżmy, że jest to normalny rzut, ale po wypuszczeniu piłki przez miotacza w magiczny sposób przyspiesza ona do 90 procent prędkości światła. Od tego momentu wszystko przebiega zgodnie z prawami fizyki.

ODPOWIEDŹ BRZMI: wydarzyłoby się wiele rzeczy, które działyby się bardzo szybko, a wszystko skończyłoby się źle dla pałkarza (lub dla miotacza). Zasiadłem sobie z książkami do fizyki, kolekcjonerską figurką Nolana Ryana oraz stertą kaset wideo z nagraniami wybuchów jądrowych i spróbowałem rozwiązać ten problem. Poniżej przedstawiam wam rezultat mojej pracy nanosekunda po nanosekundzie.

Piłka leciałaby tak szybko, że wszystko inne pozostawałoby praktycznie nieruchome, nawet cząsteczki powietrza. Poruszają się one z prędkością około tysiąca kilometrów na godzinę, ale nasza piłka pędziłaby przez nie z prędkością ponad 970 **milionów** kilometrów na godzinę. Oznacza to, że w stosunku do piłki pozostawałyby one w miejscu jak zamrożone.

Zasady aerodynamiki nie miałyby w tym przypadku zastosowania. Normalnie powietrze opływa wszystko, co się w nim porusza. Jednak cząsteczki powietrza przed naszą piłką nie miałyby czasu, żeby usunąć jej się z drogi. Piłka uderzyłaby w nie tak mocno, że nastąpiłaby fuzja jąder atomów wchodzących w skład cząsteczek powietrza z jądrami atomów z powierzchni piłki. Rezultatem każdego zderzenia byłby rozbłysk gamma i emisja różnych cząstek [4].

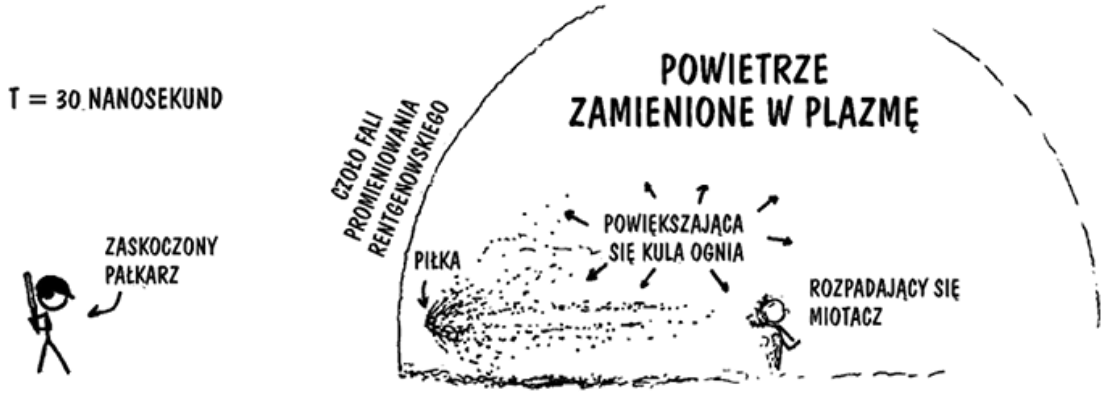


Promienie gamma i cząstki rozprzestrzeniałyby się na zewnątrz w bańce, której środkiem byłaby górka ze stojącym miotaczem. Zaczęłyby one rozbijać cząsteczki powietrza, odrywając elektrony od jąder i zamieniając powietrze na stadionie w rozszerzającą się bańkę rozżarzonej plazmy. Ścianka tej bańki zbliżałaby się do pałkarza z prędkością bliską prędkości światła – tylko trochę szybciej od samej piłki.

Ciągła fuzja jądrowa zachodząca na przedniej ściance piłki wywierałaby na nią nacisk i spowalniała jej lot, tak jakby była ona rakietą lecącą tyłem naprzód z włączonymi silnikami. Niestety, piłka poruszałaby się tak szybko, że nawet olbrzymia siła pochodząca z wybuchu termojądrowego prawie nie zmieniłaby jej prędkości. Siła ta zaczęłaby jednak „zjadać” powierzchnię piłki, wyrzucając jej malutkie fragmenty we wszystkich kierunkach. Kawałeczki te pędziłyby tak szybko, że w zderzeniu z cząsteczkami powietrza wywołałyby jeszcze dwa lub trzy cykle fuzji jądrowej.

Po około 70 nanosekundach piłka dotarłaby do bazy domowej. Pałkarz nie zobaczyłby nawet miotacza wyrzucającego piłkę, ponieważ informacja ta dotarłaby do niego w tym samym czasie co sama piłka. Zderzenia z cząsteczkami powietrza „zjadłyby” ją prawie całkowicie, byłaby to już tylko chmura rozszerzającej się plazmy w kształcie pocisku (składająca się głównie z węgla, tlenu, wodoru i azotu), rozbijająca powietrze

i powodująca w ten sposób kolejne cykle fuzji jądrowej. Najpierw w pałkarza uderzyłoby promieniowanie rentgenowskie, a nanosekundy później oberwałby on rozproszonymi resztkami piłki.



W chwili gdy fala promieniowania rentgenowskiego dotarłaby do bazy domowej, środek chmury plazmy poruszałby się nadal z prędkością bliską prędkości światła. Uderzyłaby ona najpierw w kij, a następnie pałkarz, baza oraz łapacz zostaliby przez nią porwani, przelecieliby przez siatkę ochronną i ulegli dematerializacji. Fala promieniowania rentgenowskiego i plazma rozprzestrzeniałyby się na zewnątrz oraz w górę. W pierwszej mikrosekundzie pochłonęłyby siatkę ochronną, oba zespoły, trybuny i całe otoczenie.

Załóżmy, że oglądalibyśmy to wszystko ze wzgórza poza miastem. Najpierw zobaczylibyśmy oślepiające światło, dużo jaśniejsze od Słońca. Przygasłoby ono w ciągu kilku sekund, a powiększająca się kula ognia zamieniłaby się w chmurę w kształcie grzyba atomowego.

Następnie usłyszelibyśmy ogłuszający huk wybuchu wyrywającego drzewa z korzeniami i niszczącego domy.

Wszystko w promieniu około 1,5 kilometra od kompleksu sportowego zostałoby zrównane z ziemią, a morze ognia pochłonęłoby miasto. Boisko do baseballu, które stałoby się tymczasem znacznych rozmiarów kraterem,

znalazłoby się kilkaset metrów od miejsca, w którym wcześniej znajdowała się siatka ochronna.

Zasada 6.08(b) obowiązująca w Major League Baseball mówi, że w takiej sytuacji pałkarza uznaje się za dotkniętego przez piłkę i ma on prawo przejść do pierwszej bazy.

Basen z wypalonym paliwem

Co by się stało, gdybyśmy pływali w basenie z wypalonym paliwem jądrowym? Czy aby otrzymać śmiertelną dawkę promieniowania, musielibyśmy zanurkować? Jak długo moglibyśmy w nim bezpiecznie pływać?

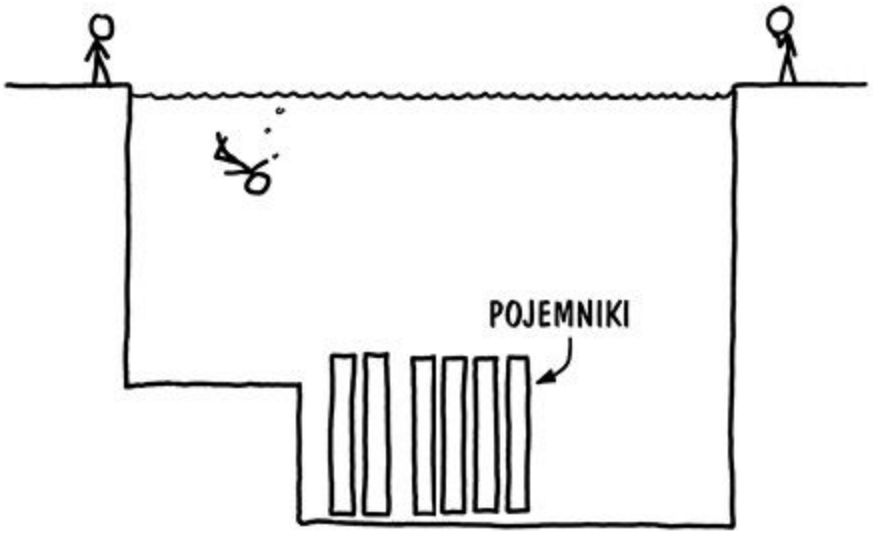
JONATHAN BASTIEN-FILIATRAULT

JEŚLI JESTEŚMY STOSUNKOWO dobrymi pływakami, przetrwalibyśmy w wodzie od 10 do 40 godzin. Po tym czasie stracilibyśmy ze zmęczenia przytomność i utonęli. To samo spotkałoby nas również w basenie bez wypalonego paliwa jądrowego na dnie.

Wypalone paliwo z reaktorów jądrowych jest bardzo radioaktywne. Woda dobrze pochłania promieniowanie i dobrze chłodzi, dlatego też zużyte paliwo przechowywane jest na dnie basenów przez dziesiątki lat, aż stanie się na tyle niskoaktywne, że można je przenieść do suchych pojemników. Dotychczas właściwie nie wiemy, gdzie powinno się

przechowywać takie pojemniki. Wkrótce problem ten zostanie prawdopodobnie rozwiązany.

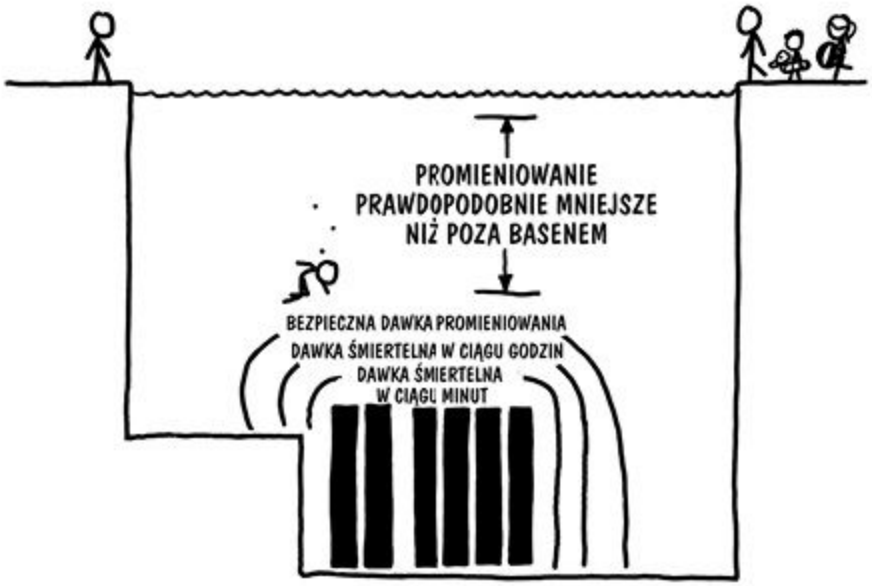
A tak wygląda typowy basen do przechowywania wypalonego paliwa:



Ciepło nie byłoby dużym problemem. Temperatura wody w basenie z paliwem może dochodzić do 50°C, ale w praktyce wynosi przeważnie od 25°C do 35°C – więcej niż w większości basenów, ale mniej niż w gorącej kąpieli w wannie.

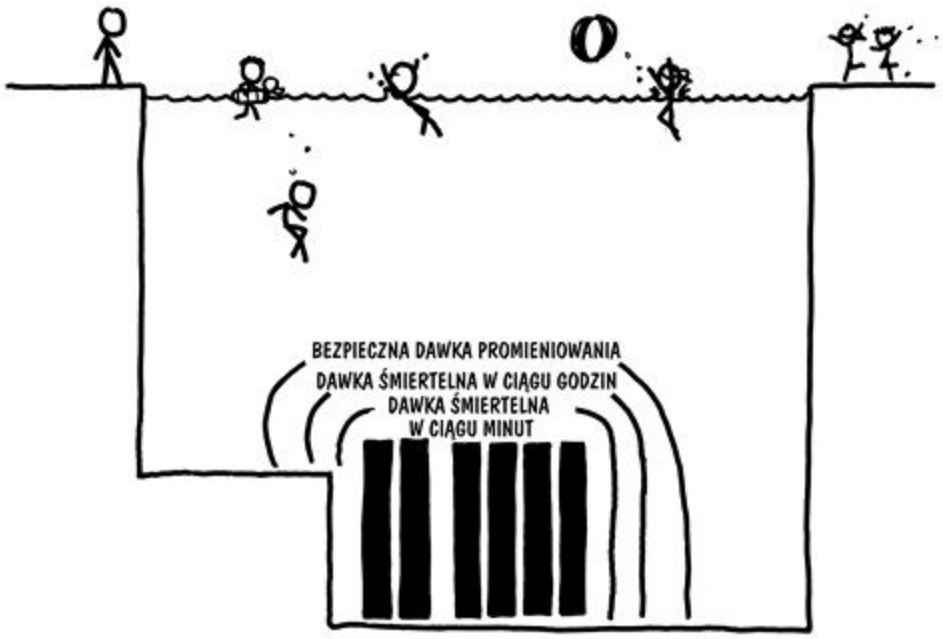
Najbardziej radioaktywne są pręty paliwowe świeżo wyjęte z reaktora. W przypadku wypalonego paliwa jądrowego każde siedem centymetrów wody zmniejsza promieniowanie o połowę.

Według raportu Ontario Hydro dotyczącego poziomów promieniowania niebezpieczna strefa wokół świeżych prętów paliwowych wyglądałaby tak jak na poniższym rysunku.



Gdybyśmy dopłynęli do dna basenu, dotknęli łokciami niedawno umieszczonego tam pojemnika i zaraz wypłynęli na powierzchnię, prawdopodobnie otrzymalibyśmy śmiertelną dawkę promieniowania.

Jeśli jednak znajdowalibyśmy się w basenie poza granicą niebezpiecznej strefy, moglibyśmy w nim pływać tak długo, jak byśmy chcieli – dawka promieniowania z rdzenia reaktora byłaby mniejsza niż normalne promieniowanie tła, na które jesteśmy narażeni podczas spaceru. Podczas takiej kąpieli w basenie z wypalonym paliwem jądrowym otrzymalibyśmy faktycznie mniejszą dawkę promieniowania niż w czasie spaceru po ulicy.



Pamiętajcie: Jestem rysownikiem komiksów. Jeśli posłuchacie moich rad dotyczących bezpiecznego postępowania z materiałami jądrowymi, prawdopodobnie zasłużycie na to, co was spotka.

Oczywiście w tej wersji zakładam, że wszystko byłoby pod kontrolą. Gdyby jednak obudowa prętów wypalonego paliwa była skorodowana, w wodzie mogłyby się znaleźć produkty rozszczepienia. Czystość wody w takich basenach to pewnik, ale ta woda bywa czasem na tyle radioaktywna, że nie można jej sprzedawać w butelkach [5].

Wiemy już, że w basenach z wypalonym paliwem jądrowym można bezpiecznie pływać, ponieważ są one regularnie serwisowane przez nurków. Jednak oni też muszą bardzo uważać! Trzydziestego pierwszego sierpnia 2010 roku nurek kontrolujący basen z wypalonym paliwem przy reaktorze jądrowym Leibstadt w Szwajcarii zauważył na jego dnie kawałek rury. Po konsultacji ze swoim szefem włożył go do skrzynki z narzędziami, ale z powodu szumu bąbelków powietrza nie usłyszał alarmu ostrzegającego przed promieniowaniem. Gdy wyjął skrzynkę z narzędziami z wody, w pomieszczeniu włączył się kolejny alarm. Skrzynkę wrzucono

z powrotem do wody, a nurek opuścił basen. Jego dozymetr pokazał wyższe od normalnego napromieniowanie całego ciała i bardzo wysokie napromieniowanie prawej ręki. Znaleziony obiekt okazał się osłoną ochronną czujnika promieniowania z rdzenia reaktora, silnie napromieniowaną strumieniem neutronów. Oderwała się ona przypadkowo podczas zamykania kapsuły reaktora w 2006 roku i przeleżała niezauważona na dnie w rogu basenu. Osłona była tak radioaktywna, że gdyby nurek włożył ją do paska z narzędziami lub torby na ramieniu, mógłby zostać śmiertelnie napromieniowany. Ochroniła go warstwa wody, a dużą dawkę promieniowania otrzymała tylko jego ręka, która na szczęście jest bardziej odporna niż delikatne organy wewnętrzne.

Najistotniejsze w tej historii jest to, że pływanie w basenie z wypalonym paliwem wydaje się bezpieczne, o ile nie nurkujemy do dna i nie podnosimy z niego żadnych podejrzanych przedmiotów.

Dla pewności skontaktowałem się ze znajomym pracującym w reaktorze badawczym i zapytałem, co stałoby się z osobą, która chciałaby popływać w ich basenie z wypalonym paliwem.

„W **naszym** reaktorze? – Pomyślał chwilę. – Zginęłaby bardzo szybko, zanim jeszcze dotarłaby do wody. Od ran postrzałowych”.

Dziwne (i niepokojące) pytania z What if? Skrzynka odbiorcza nr 1

Czy możliwe byłoby schłodzenie zębów do tak niskiej temperatury, żeby pod wpływem gorącej kawy rozprysły się na kawałki?

Shelby Hebert

Ile domów w Stanach Zjednoczonych spala się doszczętnie każdego roku? Jak najłatwiej byłoby w znaczący sposób zwiększyć tę liczbę (powiedzmy o 15%)?

Anonim

POLICJA?
MAM STRONĘ INTERNETOWĄ,
NA KTÓREJ LUDZIE ZADAJĄ PYTANIA...

Maszyna czasu w nowojorskim stylu

Załóżmy, że podczas podróży w czasie zawsze trafiamy w to samo miejsce na Ziemi. Przynajmniej tak się działo w serii filmów ***Powrót do przyszłości***. Jak wyglądałby Times Square w Nowym Jorku, gdybyśmy znaleźli się na nim tysiąc lat, 10 tysięcy lat, 100 tysięcy lat, milion lat, miliard lat temu? Albo gdybyśmy przenieśli się w czasie o milion lat w przyszłość?

MARK DETTLING

Tysiąc lat temu

Manhattan jest zamieszkany bez przerwy od 3000 lat, a pierwsi ludzie osiedlili się tam prawdopodobnie 9000 lat temu. Gdy w XVII wieku na te tereny przybyli Europejczycy, zamieszkiwali je Delawarowie [6]. To grupa plemion, które żyły na obszarach należących obecnie do stanów Connecticut, Nowy Jork, New Jersey oraz Delaware. Przed tysiącem lat na

tych terenach prawdopodobnie mieszkali przodkowie Delawarów, jednak różnili się oni od swoich XVII-wiecznych potomków tak bardzo, jak ci ostatni od ludzi żyjących współcześnie.

Aby przekonać się, jak wyglądał Times Square, zanim jeszcze powstało tam jakiekolwiek miasto, skorzystałem z niezwykłego projektu **Welikia**, który powstał z mniejszego projektu **Mannahatta**. W ramach projektu Welikia opracowano szczegółową mapę ekologiczną obszarów Nowego Jorku z czasów, kiedy pojawili się tam Europejczycy. Interaktywna mapa dostępna na welikia.org to fantastyczna wizja zupełnie innego Nowego Jorku. W 1609 roku krajobraz wyspy Manhattan składał się z malowniczych pagórków, bagien, lasów, jezior i rzek.

Tysiąc lat temu Times Square mógł wyglądać podobnie, jak to przedstawia projekt Welikia. Na pierwszy rzut oka prawdopodobnie przypominał lasy pierwotne, spotykane jeszcze w niektórych północno-wschodnich rejonach USA. Można jednak łatwo znaleźć znaczące różnice. Przed tysiącem lat w takim lesie było z pewnością znacznie więcej dzikich zwierząt. Obecnie w poszatkowanych pozostałościach lasów pierwotnych prawie nie występują duże drapieżniki. Można tam spotkać nieliczne niedźwiedzie, kilka wilków oraz kojotów i nie ma praktycznie żadnych lwów górskich. Jednak z drugiej strony, częściowo dzięki wymarciu dużych drapieżników, bardzo zwiększyła się populacja jeleni.

Tysiąc lat temu w lasach Nowego Jorku byłoby pełno kasztanowców. Przed zarazą, która na początku XX wieku nawiedziła lasy we wschodnich rejonach Ameryki Północnej, 25 procent ich drzewostanu stanowiły kasztanowce. Obecnie pozostały po nich tylko pniaki. Na kasztanowce można jeszcze się natknąć w lasach Nowej Anglii. Od czasu do czasu ostatnie ocalałe drzewa wypuszczają pędy, które jednak szybko więdną wskutek zarazy. Pewnego niezbyt odległego dnia te drzewa także obumrą.

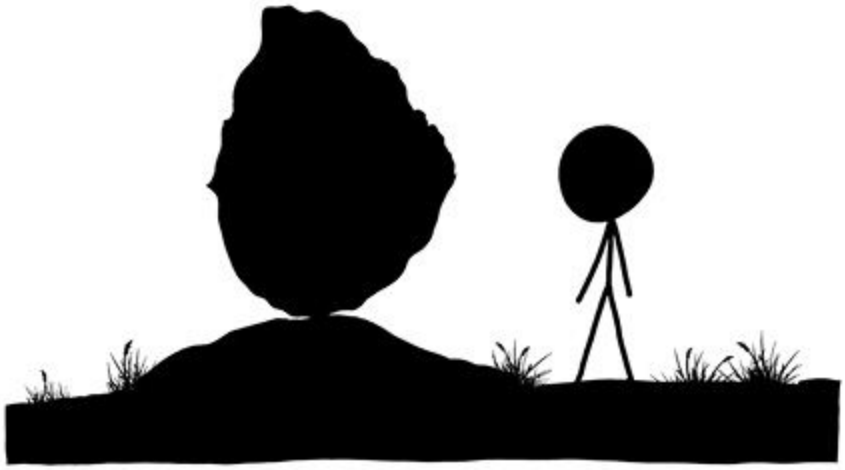
W tych lasach powszechnie występowałyby wilki, szczególnie w głębi lądu. Moglibyśmy tam spotkać również lwy górskie [7] oraz gołębie wędrowne [8]. Z pewnością nie spotkalibyśmy za to dżdżownic. Nie było ich w Nowej Anglii, kiedy przybyli tam koloniści z Europy. Aby poznać przyczynę ich braku, zróbmy kolejny krok w przeszłość.

10 tysięcy lat temu

Dziesięć tysięcy lat temu Ziemia wychodziła właśnie z bardzo zimnego okresu swojej historii. Zniknęły wówczas wielkie połacie lodu pokrywające Nową Anglię. Dwadzieścia dwa tysiące lat temu południowa krawędź lodowca znajdowała się w pobliżu Staten Island, ale 18 tysięcy lat temu wycofała się już na północ od miasta Yonkers [9]. Do czasu pojawienia się ludzi 10 tysięcy lat temu większość lodowca znalazła się poza obecną kanadyjską granicą.

Połacie pokrywy lodowej przeorały powierzchnię ziemi aż do skały macierzystej. Przez następne 10 tysięcy lat życie powoli przesuwało się z powrotem na północ. Niektórym gatunkom zajęło to mniej czasu niż innym, ale gdy Europejczycy dobili do Nowej Anglii, dżdżownice jeszcze tam nie dotarły.

Wycofujący się lodowiec gubił wielkie kawałki lodu, które potem topniały i pozostawiały po sobie wypełnione wodą zagłębienia, zwane **jeziorami wytopiskowymi**. Jezioro Oakland, położone w pobliżu północnego końca Springfield Boulevard w Queens, jest właśnie jednym z takich jezior wytopiskowych. Lodowiec pozostawił po sobie także głazy, które zgromadził podczas swojej wędrówki. Niektóre z tych skał, zwane **głazami narzutowymi**, można obecnie napotkać w Central Parku.



Pod lodem płynęły pod dużym ciśnieniem rzeki wody z topniejącego lodowca. Osadzały na swojej drodze piach i żwir. Złoża te w formie wałów zwanych ozami przecinają krajobraz w lasach w pobliżu mojego domu

w Bostonie. Im także zawdzięczamy rozmaite dziwne formacje terenu, między innymi jedyne na świecie koryta rzeki w kształcie litery U.

100 tysięcy lat temu

Sto tysięcy lat temu świat mógł wyglądać podobnie jak dzisiaj [10]. Żyjemy w czasach szybkich, cyklicznych zlodowaceń, ale przez ostatnie 10 tysięcy lat nasz klimat był stabilny [11] i ciepły. Sto tysięcy lat temu Ziemia zbliżała się do końca podobnego okresu stabilności klimatu. Nazywamy go interglacjałem sangamońskim. Istniejący wówczas ekosystem podobny był do obecnego.

Geografia wybrzeża była jednak zupełnie inna. Staten Island, Long Island, Nantucket i Martha’s Vineyard były wtedy tarasami wypiętrzonymi jakby przez buldożer po niedawnej wędrówce lodowca. Setki tysięcy lat temu obszar przybrzeżny usiany był wyspami. W lasach spotkalibyśmy wiele żyjących dzisiaj gatunków zwierząt: ptaki, wiewiórki, jelenie, wilki, niedźwiedzie czarne, ale natknęlibyśmy się również na kilka wstrząsających niespodzianek. Aby dowiedzieć się o nich czegoś więcej, zajmijmy się tajemniczym widłorogiem.

Współczesny widłoróg (*Antilocapra americana*) jest zagadkowym zwierzęciem, które bardzo szybko biega – szybciej, niż musi. Może osiągnąć prędkość prawie 90 kilometrów na godzinę i utrzymywać ją na długim dystansie. Nawet najszybsze drapieżniki, wilki i kojoty, osiągają w sprincie prędkość około 55 kilometrów na godzinę. Dlaczego więc widłorogi potrafią tak szybko biegać?

Odpowiedź brzmi: ponieważ środowisko, w jakim ewoluowały, było o wiele bardziej niebezpieczne od dzisiejszego. Setki tysięcy lat temu lasy Ameryki Północnej były domem dla takich gatunków zwierząt, jak wilk straszny (*Canis dirus*), niedźwiedź krótkopyski (*Arctodus*) oraz kot szablastozębny (*Smilodon fatalis*), szybszych i bardziej zabójczych niż dzisiejsze drapieżniki. Wszystkie one zniknęły z powierzchni Ziemi w okresie wymierania na przełomie plejstocenu i holocenu, krótko po tym, jak na kontynencie pojawili się pierwsi ludzie [12].

Jeśli przeniesiemy się jeszcze głębiej w przeszłość, spotkamy tam innego przerażającego drapieżnika.

Milion lat temu

Milion lat temu, przed ostatnim wielkim zlodowaceniem, na Ziemi było bardzo ciepło.

Był to środkowy okres czwartorzędu; współczesne epoki lodowcowe rozpoczęły się kilka milionów lat wcześniej, ale w ruchach lodowców panował zastój, a klimat był stosunkowo stabilny.

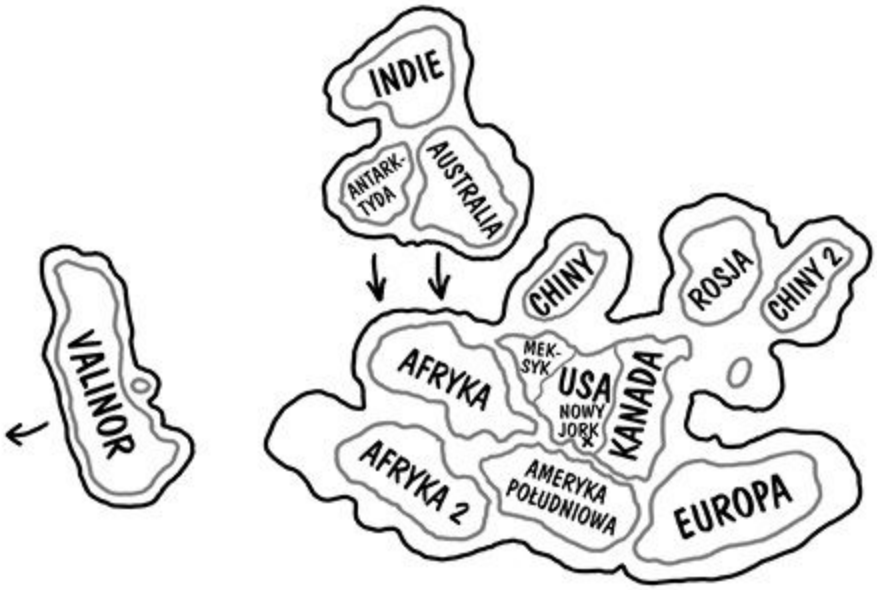
Do drapieżników, które spotkaliśmy wcześniej, zwinnych stworzeń polujących na widłorogi, dołączył kolejny przerażający mięsożerca, długonoga hiena przypominająca współczesnego wilka. Niegdyś hienę można było spotkać głównie w Afryce i w Azji, ale kiedy poziom mórz się obniżył, pewien gatunek przedostał się przez Cieśninę Beringa do Ameryki

Północnej. Ponieważ dokonał tego tylko jeden gatunek hieny, nazwano go *Chasmaporthetes*, to znaczy „jedyny, który zobaczył kanion”.

Kolejne pytanie Marka zmusza nas do wykonania ogromnego skoku w przeszłość.

Miliard lat temu

Miliard lat temu płyty kontynentalne tworzyły jeden wielki superkontynent. Nie była to dobrze nam znana Pangea, ale jej poprzedniczka Rodinia. Dane geologiczne nie są jednoznaczne, ale najprawdopodobniej wyglądała ona tak jak na obrazku poniżej.



W czasach gdy istniała Rodinia, podłoże skalne znajdujące się obecnie pod Manhattanem nie było jeszcze uformowane, ale głęboko położone skały Ameryki Północnej już były stare. Część kontynentu, na której obecnie leży Manhattan, znajdowała się prawdopodobnie w głębi lądu połączonego z obecną Angolą i Afryką Południową.

W tym pradawnym świecie nie było roślin i zwierząt. Oceany tętniły życiem, ale wszystkie organizmy były jednokomórkowe. Powierzchnię

wody pokrywały dywany niebieskozielonych alg. Te skromne stworzenia to najpotworniejsi zabójcy w całej historii życia na Ziemi. Takie algi, czyli sinice, były pierwszymi organizmami fotosyntetyzującymi. Wdychały one dwutlenek węgla, a wydychały tlen. Tlen jest gazem lotnym, powodującym rdzewienie żelaza (oksydację) i palenie się drewna (gwałtowną oksydację). Pierwsze sinice wydychały tlen, który był trujący dla prawie wszystkich innych form życia. Spowodowane jego obecnością wymieranie organizmów nazywane jest dziś **katastrofą tlenową**.

Po tym, jak sinice wpompowały do atmosfery i wody ogromne ilości toksycznego tlenu, inne stworzenia wyewoluowały w taki sposób, aby wykorzystać jego właściwości do zapoczątkowania nowych procesów biologicznych. Ludzie są potomkami tych pierwszych organizmów oddychających tlenem.

Wciąż nie jesteśmy pewni, jak dokładnie to wszystko wyglądało. Bardzo trudno jest odtworzyć świat sprzed miliarda lat. Pytanie Marka zabiera nas tymczasem w jeszcze bardziej niepewne obszary: do przyszłości.

Za milion lat

Prędzej czy później ludzkość wymrze. Nikt nie wie, kiedy to nastąpi [13], ale nic nie trwa wiecznie. Niewykluczone, że dotrzemy do gwiazd i przetrwamy miliardy albo biliony lat. A może nasza cywilizacja upadnie, ulegniemy chorobom i głodowi, a ostatni z nas zostaną zjedzeni przez koty? Może kilka godzin po przeczytaniu tego zdania wszyscy zostaniemy zabici przez nanoboty? Nikt nie zna odpowiedzi.

Milion lat to dużo czasu, kilka razy więcej, niż istnieje *Homo sapiens*, i setki razy dłużej niż język pisany. Rozsądne wydaje się zatem założenie, że niezależnie od tego, jak potoczy się historia ludzkości, Ziemia znajdzie się na zupełnie innym etapie rozwoju.

Bez nas skorupa ziemska będzie stopniowo ścierana przez wiatry, deszcze oraz burze piaskowe, które zniszczą i pogrzebią wytwory naszej cywilizacji. Zmiany klimatu spowodowane przez człowieka prawdopodobnie tylko opóźnią rozpoczęcie kolejnego zlodowacenia; cykl epok lodowcowych nie został jeszcze zakończony. W końcu lodowce znów zaczną się przemieszczać. Za milion lat nie zostanie po nas zbyt wiele.

Prawdopodobnie najdłużej będzie się rozkładać warstwa plastików pokrywająca naszą planetę. Wydobywanie ropy naftowej i rozsiewanie po całej Ziemi wytrzymałych i trwałych polimerów otrzymanych w wyniku jej przeróbki to nasz niechlubny „odcisk palca", który przetrwa inne dokonania ludzkości. Nasze plastiki zostaną zmielone i pogrzebane, a być może nawet jakieś mikroby nauczą się je trawić. Najprawdopodobniej jednak właśnie te wszechobecne warstwy przetworzonych węglowodorów – fragmentów butelek po szamponie i torebek na zakupy – będą za miliony lat chemicznym pomnikiem naszej cywilizacji.

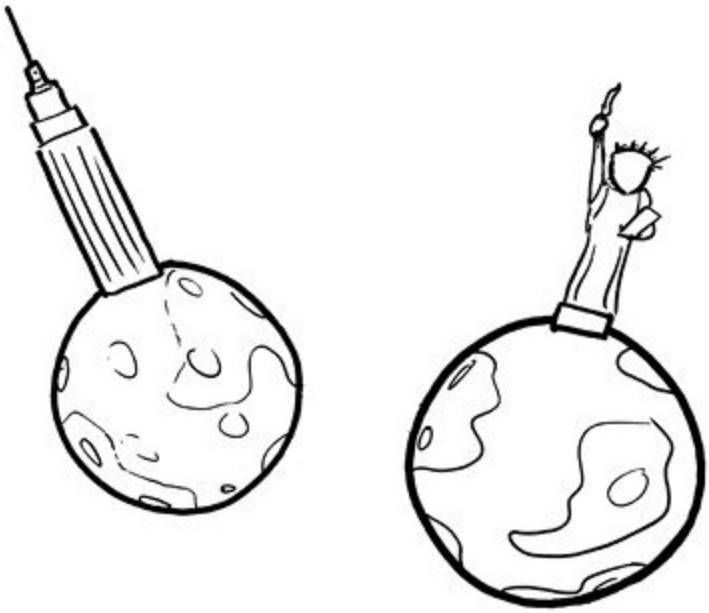
Bardzo odległa przyszłość

Słońce stopniowo świeci coraz jaśniej. Przez trzy miliardy lat skomplikowany system sprzężeń zwrotnych utrzymywał temperaturę na Ziemi na prawie jednakowym poziomie, mimo że temperatura Słońca stawała się coraz wyższa.

Za miliardy lat tych sprzężeń już nie będzie. Oceany, które dotąd dawały pożywienie i ochłodę różnym formom życia, staną się ich największymi wrogami. Wygotują się w gorących promieniach słonecznych, a naszą planetę otoczy gruba warstwa pary wodnej, powodująca stale zwiększający się efekt cieplarniany. Za miliardy lat Ziemia stanie się drugą Wenus. W wyniku nagrzewania się naszej planety cała woda prawdopodobnie wyparuje, a atmosferę ziemską zastąpi para unosząca się z wrzącej skorupy

ziemskiej. Ostatecznie po kilku kolejnych miliardach lat zostaniemy pochłonięci przez powiększające się Słońce.

Ziemia ulegnie spopieleniu, a wiele cząsteczek, z których składał się Times Square, zostanie wyrzuconych w Kosmos przez gasnące Słońce. W postaci chmur pyłu będą wędrować po Wszechświecie i być może powstaną z nich nowe gwiazdy i planety. Jeżeli ludzkość opuści Układ Słoneczny i przetrwa śmierć Słońca, nasi potomkowie zamieszkają być może na jednej z tych planet. Atomy z Times Square po przejściu przez jądro Słońca uformują ciała naszych potomków.



Pewnego dnia albo wszyscy umrzemy, albo wszyscy będziemy nowojorczykami.

Bratnie dusze

A gdyby tak każdy z nas miał na świecie tylko jedną, przypadkowo dobraną bratnią duszę?

BENJAMIN STAFFIN

Cóż to byłby ZA KOSZMAR!

Istnieje wiele problemów związanych z koncepcją pojedynczej, losowo dobranej bratniej duszy. Śpiewał o tym Tim Minchin w piosence *If I Didn't Have You* (Gdybym Ciebie nie miał):

Twoja miłość jest jedna na milion;
Nie można jej kupić za żadną cenę…
Ale spośród 9999 setek tysięcy innych miłości –
Statystycznie rzecz biorąc – niektóre mogłyby być równie wspaniałe.

A gdybyśmy mieli tylko jedną, przypadkowo dobraną, doskonałą bratnią duszę i **nie moglibyśmy** być szczęśliwi z nikim innym? Czybyśmy się odnaleźli?

Załóżmy, że bratnia dusza wybierana jest w momencie urodzenia. Nie wiemy, kim jest i gdzie mieszka nasza druga połówka, ale – jak w romantycznym filmie – rozpoznamy ją w chwili, gdy nasze oczy się spotkają.

I tu od razu rodzi się kilka pytań. Czy ta bratnia dusza jeszcze żyje? Setki miliardów ludzi żyły na Ziemi do tej pory, ale obecnie żyje ich tylko 7 miliardów (co daje rasie ludzkiej wskaźnik śmiertelności na poziomie 93%). Gdybyśmy byli dobierani przypadkowo, 90 procent naszych bratnich dusz dawno by już nie żyło.

Brzmi to koszmarnie, ale może być jeszcze gorzej. Nie możemy się przecież ograniczać tylko do ludzi żyjących do tej pory; musimy brać pod uwagę także nieznaną liczbę osób, które dopiero się urodzą. Przecież jeśli ktoś może być naszą bratnią duszą w odległej przeszłości, to w odległej przyszłości też muszą istnieć bratnie dusze. Jakkolwiek by było, istnieje tam bratnia dusza **naszej** bratniej duszy.

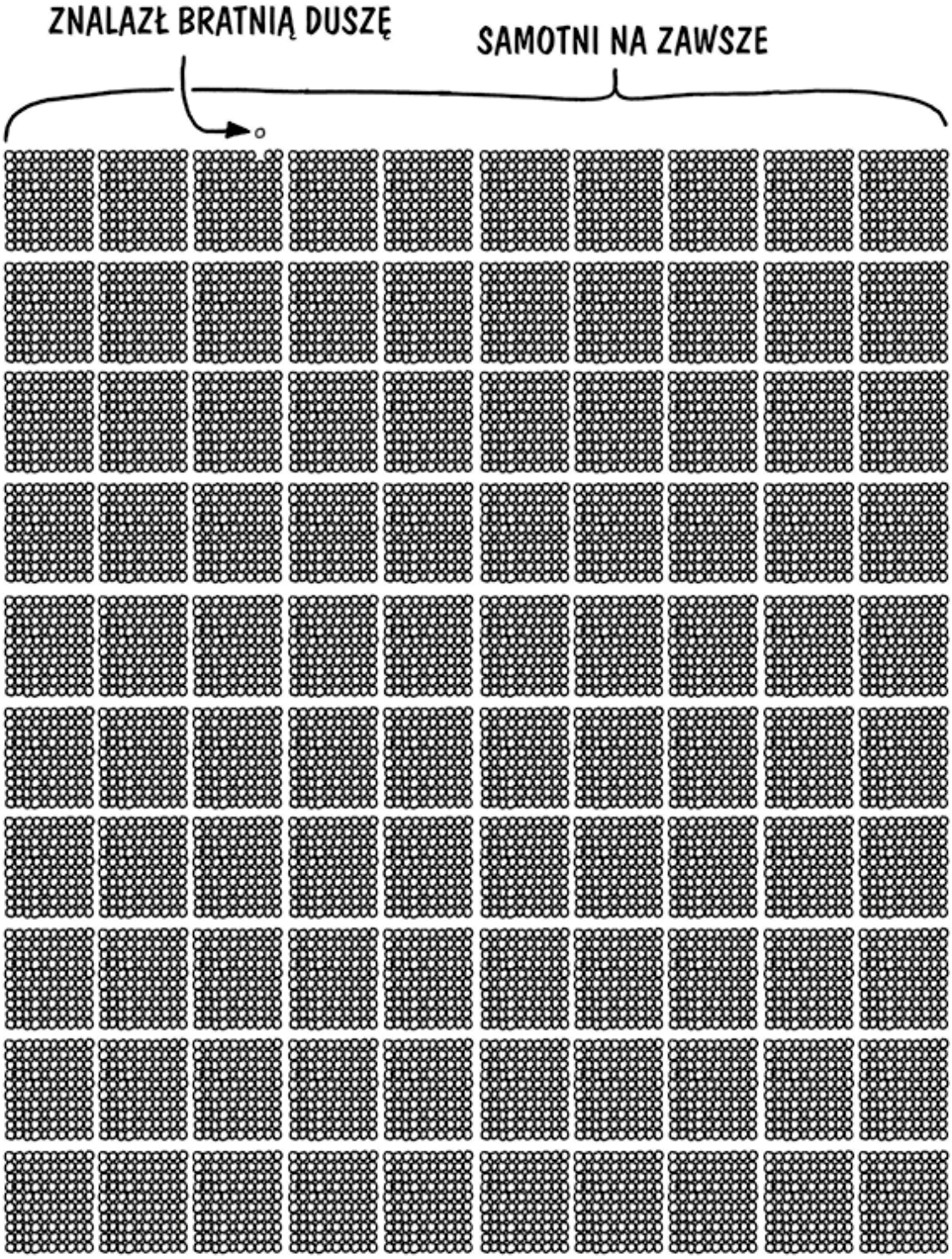
Załóżmy więc, że nasza bratnia dusza żyje w tym samym czasie co my. Co więcej, aby uniknąć dziwnych sytuacji, różnica wieku między nami nie może być większa niż kilka lat (to większe ograniczenie niż standardowa reguła wieku partnerów[14], ale jeśli założymy, że trzydziestolatkowie i czterdziestolatkowie mogą być dla siebie bratnimi duszami, okaże się, że

reguła wieku zostanie złamana, jeśli spotkają się piętnaście lat wcześniej). Gdybyśmy zastosowali to ograniczenie wieku, większość z nas miałaby około pół miliarda potencjalnych bratnich dusz.

A co z płcią i orientacją seksualną? Różnicami kulturowymi i językowymi? Aby jeszcze bardziej ograniczyć pole wyboru, moglibyśmy wziąć pod uwagę także dane demograficzne, ale wtedy odeszlibyśmy od idei losowo dobranej bratniej duszy. Nasz scenariusz zakłada, że nie wiemy **nic** o naszej bratniej duszy, dopóki nie spojrzymy jej w oczy. Każdy musiałby zatem mieć tylko jedną orientację: ku swojej bratniej duszy.

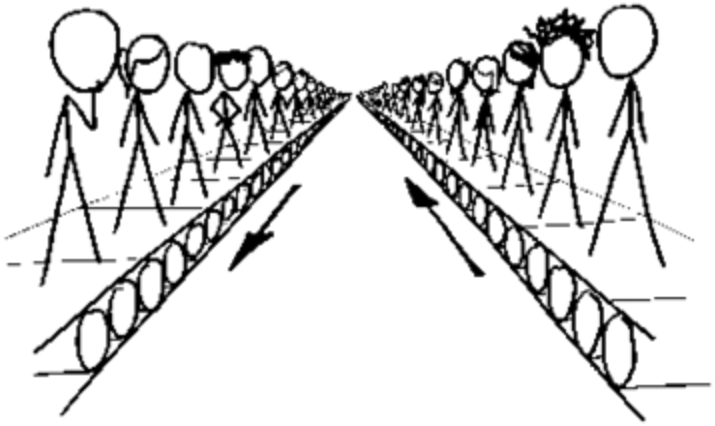
Mimo to szanse spotkania bratniej duszy byłyby niewiarygodnie małe. Liczba obcych osób, z którymi nawiązujemy codziennie kontakt wzrokowy, może się wahać od bliskiej zera (introwertycy lub ludzie mieszkający w małych miasteczkach) do wielu tysięcy (policjant na Times Square). Załóżmy, że codziennie patrzymy w oczy kilkudziesięciu obcym osobom (dla mnie jako introwertyka to i tak o wiele za dużo). Gdyby tylko 10 procent z nich było w zbliżonym do nas wieku, w ciągu naszego życia dałoby to liczbę 50 tysięcy osób.

Jeżeli założymy, że mamy 500 milionów potencjalnych bratnich dusz, szansa odnalezienia kiedykolwiek naszej prawdziwej miłości wynosiłaby 1 do 10 tysięcy.



W obliczu tak wysokiego ryzyka śmierci w samotności społeczeństwo powinno zorganizować możliwość nawiązywania jak najczęstszego

kontaktu wzrokowego. Powinniśmy ustawiać obok siebie ogromne przenośniki taśmowe, na których przesuwałyby się rzędy spoglądających na siebie ludzi…



…lecz jeśli kontakt wzrokowy lepiej nawiązuje się za pomocą kamer internetowych, moglibyśmy po prostu zastosować zmodyfikowaną wersję strony internetowego ChatRoulette.

Gdyby każdy korzystał z tego systemu przez osiem godzin dziennie, siedem dni w tygodniu, i gdybyśmy w kilka sekund mogli stwierdzić, że oto mamy przed sobą naszą bratnią duszę, teoretycznie wszyscy ludzie odnaleźliby swoje połówki w ciągu kilkudziesięciu lat. (Zrobiłem symulacje kilku prostych systemów, aby oszacować, jak szybko ludzie dobieraliby się w pary i wypadali z puli dostępnych singli. Gdybyście

chcieli wykonać obliczenia dla konkretnego modelu, zacznijcie od przyjrzenia się problemom zliczania nieporządku).

W istocie wielu ludzi ma zbyt mało czasu na jakikolwiek romans – tylko nieliczni mogą poświęcić na to 20 lat. Chyba tylko dzieci z bogatych rodzin mogłyby pozwolić sobie na to, aby usiąść do SoulMateRoulette. Pechowo dla tego przysłowiowego jednego procenta większość przeznaczonych im bratnich dusz znalazłaby się wśród pozostałych 99 procent. Gdyby z tego serwisu korzystał tylko jeden procent bogatych, wówczas jeden procent osób z tego procenta znalazłby swoją połówkę – 1 na 10 tysięcy.

Pozostałe 99 procent z tego procenta[15] miałoby motywację, żeby namówić więcej osób na korzystanie z systemu. Mogliby oni finansować przedsięwzięcia charytatywne mające na celu zapewnienie wszystkim ludziom dostępu do komputera – i połączyć w ten sposób projekt Laptop dla Każdego Dziecka (One Laptop per Child) z internetową stroną OKCupid. Stanowiska takie jak kasjer czy policjant na Times Square stałyby się bardzo cenione ze względu na duże możliwości nawiązywania kontaktu wzrokowego. Ludzie przybywaliby do miast i zbierali się w miejscach publicznych, aby znaleźć swoją połówkę – podobnie jak czynią to obecnie.

Jednak nawet wtedy, gdyby garstka ludzi spędziła lata przy internetowej SoulMateRoulette, inna grupa dostałaby pracę umożliwiającą stały kontakt wzrokowy z nieznajomymi, a reszta zdałaby się na łut szczęścia, tylko nieliczni kiedykolwiek znaleźliby prawdziwą miłość. Pozostali mieliby po prostu pecha. Pod wpływem stresu i presji społecznej wiele osób zaczęłoby udawać. Pragnienie dołączenia do klubu szczęśliwców sprawiałoby, że dogadywaliby się z inną samotną osobą i organizowali udawane spotkania z bratnią duszą. Pobieraliby się, ukrywali swoje problemy w związku i starali się zachowywać pozory wobec przyjaciół i rodziny.

Świat przypadkowych bratnich dusz byłby pełen samotnych ludzi. Miejmy nadzieję, że nie jest to świat, w którym żyjemy.

Wskaźnik laserowy

Czy gdyby wszyscy mieszkańcy Ziemi skierowali jednocześnie wskaźniki laserowe na Księżyc, zmieniłby on kolor?

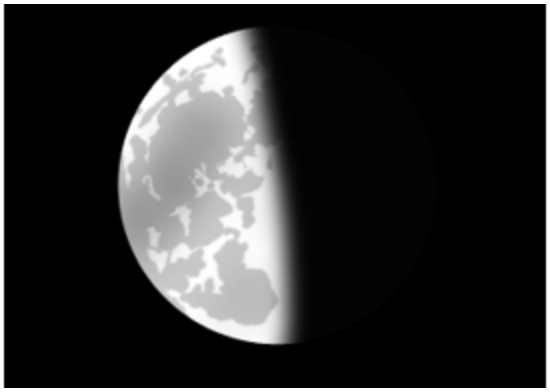
PETER LIPOWICZ

GDYBYŚMY UŻYLI zwykłych wskaźników laserowych, to NIE.

Przede wszystkim nie wszyscy widzimy Księżyc w tym samym czasie. Co prawda moglibyśmy wszyscy zebrać się w jednym miejscu, ale weźmy po prostu moment, w którym satelita Ziemi jest widziany przez największą możliwą liczbę osób. Ponieważ 75 procent ludności świata mieszka pomiędzy południkami: zerowym i 120° długości geograficznej wschodniej, powinniśmy wybrać czas, kiedy Księżyc znajduje się gdzieś nad Morzem Arabskim.

Wybierzmy teraz fazę Księżyca, w jakiej przeprowadzimy eksperyment. Nasz satelita w nowiu ma tak ciemną powierzchnię, że jest niewidoczny z Ziemi, łatwiej byłoby więc dostrzec światło naszych laserów. Jednak Księżyc w nowiu to trudniejszy cel; ponieważ widzimy go przeważnie w ciągu dnia, zniweczyłoby to efekt naszej próby. Wybierzmy zatem

satelitę Ziemi w fazie półksiężyca, aby móc ocenić działanie naszych laserów zarówno na ciemnej, jak i na jasnej jego stronie.



Oto nasz cel.

Typowy wskaźnik laserowy czerwony ma moc pięciu miliwatów. Dobry model wytwarza wiązkę wystarczająco mocną, aby dosięgła Księżyca i po dotarciu do celu pokryła sporą jego powierzchnię. Atmosfera ziemska rozproszyłaby nieznacznie wiązkę laserową i pochłonęła część światła, jednak w większości doleciałoby ono do satelity Ziemi [16].

Załóżmy, że każdy z nas musiałby tylko trafić wiązką w Księżyc, a światło rozłożyłoby się równomiernie na jego powierzchni. Pół godziny po północy (GMT) wszyscy celujemy w satelitę Ziemi, naciskamy przycisk i oto co się dzieje!

No cóż, efekt jest rozczarowujący.

Nic w tym dziwnego. Słońce ogrzewa Księżyc z mocą wynoszącą trochę ponad kilowat na metr kwadratowy. Ponieważ powierzchnia przekroju satelity Ziemi wynosi około 10^{13} metrów kwadratowych, pławi się on w świetle słonecznym o mocy 10^{16} watów, czyli 10 petawatów. Daje to dwa megawaty na osobę, więc przyćmiewa zupełnie nasze 5-miliwatowe wskaźniki laserowe. Różne elementy naszego systemu można poprawić, ale ta podstawowa zasada nie ulegnie zmianie.

Laser o mocy jednego wata jest bardzo niebezpiecznym urządzeniem. Może nie tylko oślepić, ale także poparzyć skórę i spowodować pożar. W USA takich laserów nie można legalnie kupić w sklepach.

Wolne żarty! Znajdziemy je po 300 dolarów, kiedy wpiszemy w wyszukiwarkę: „ręczny laser o mocy jednego wata”.

Załóżmy, że wydamy 2 biliony dolarów na jednowatowe zielone lasery dla każdego. (Uwaga, politycy: tym sposobem zdobylibyście mój głos). Poza tym, że zielony laser jest mocniejszy, światło o tym kolorze znajduje się bliżej środkowego zakresu widzialnego spektrum i ludzkie oko odbiera je jako jaśniejsze.

Efekt poniżej.

Psiakrew.

Zastosowane przez nas wskaźniki laserowe dają światło o strumieniu około 150 lumenów (to więcej niż w większości latarek) i wiązce o szerokości pięciu minut kątowych. Rozjaśniłyby one powierzchnię Księżyca światłem o natężeniu zaledwie pół luksa w porównaniu ze 130 tysiącami luksów światła słonecznego. (Nawet gdyby wszystkie lasery skierować w to samo miejsce, uzyskalibyśmy światło o natężeniu sześciu luksów na jakichś 10 procentach powierzchni satelity Ziemi).

Dla porównania Księżyc rozświetla powierzchnię Ziemi światłem o natężeniu jednego luksa, co oznacza, że nasze lasery byłyby zbyt słabe, aby zobaczyć efekt ich działania z naszej planety. Co więcej, gdybyśmy nawet znajdowali się na powierzchni Księżyca, światło laserów byłoby tam słabsze niż światło Księżyca widziane z Ziemi.

Dzięki postępom w udoskonalaniu baterii litowych i technologii LED w ciągu ostatnich 10 lat dynamicznie rozwinął się rynek bardzo wydajnych latarek. Oczywiste jest jednak, że latarki nie na wiele nam się przydadzą. Dajmy więc każdemu Nightsun.

Nie dla każdego ucha ta nazwa brzmi znajomo, ale być może widzieliście je w akcji. Są to reflektory montowane na helikopterach policji i straży przybrzeżnej. Dają one światło o strumieniu 50 tysięcy lumenów, co wystarcza, aby na znacznym obszarze Ziemi zamiast nocy zapanował dzień.

Wiązka światła ma kilka stopni szerokości, a zatem aby uzyskać kąt pół stopnia, potrzebny do trafienia w Księżyc, musielibyśmy zastosować soczewki.

Może nie rzuca się to w oczy, ale jest pewien postęp! Wiązka światła ma teraz natężenie 20 luksów, a to dwukrotnie więcej niż naturalne oświetlenie ciemnej połowy Księżyca! Trudno ją jednak dostrzec, a z pewnością nie ma żadnego wpływu na jaśniejszą połowę satelity Ziemi.

Zamieńmy teraz nasze Nightsuny na projektory IMAX – każdy składający się z pary chłodzonych wodą lamp o łącznej mocy 30 tysięcy watów.

Efektów nadal nie widać.

Jednak nic straconego. Na dachu hotelu Luxor w Las Vegas znajduje się najpotężniejszy reflektor na Ziemi. Dajmy każdemu po jednym. I dołóżmy jeszcze po zestawie soczewek, aby skupić całą wiązkę światła na Księżycu.

Nasze światło jest wyraźnie widoczne, zadanie zostało więc wykonane! Dobra robota.

No cóż…

Departament Obrony opracował lasery o mocy wielu megawatów, przeznaczone do niszczenia rakiet w locie. YAL-I był chemicznym laserem tlenowo-jodowym tego typu, zamontowanym na pokładzie boeinga 747. Działał w podczerwieni, jego światło nie było więc widoczne dla ludzkiego oka, ale można sobie wyobrazić równie potężny laser pracujący w świetle widzialnym.

Wreszcie udało nam się dorównać jasności światła słonecznego!

Dostarczyliśmy pięciu petawatów mocy, czyli dwukrotność średniego światowego poboru mocy.

Okej, umieśćmy zatem megawatowy laser na każdym metrze kwadratowym powierzchni Azji. Aby zapewnić zasilanie dla takiego zestawu 50 bilionów laserów przez mniej więcej dwie minuty, zużylibyśmy całe światowe zasoby ropy naftowej. Za to przez te dwie minuty Księżyc wyglądałby tak jak poniżej.

Księżyc świeciłby równie jasno, jak Słońce o poranku, a po dwóch minutach jego regolit rozżarzyłby się od gorąca.

Okej, posuńmy się w naszej fantazji jeszcze o krok dalej.

Najpotężniejszy laser na Ziemi znajduje się w Narodowym Zakładzie Zapłonu (National Ignition Facility), laboratorium zajmującym się fuzją jądrową. Jest to laser ultrafioletowy o mocy wyjściowej 500 terawatów. Wytwarza on jedynie pojedyncze impulsy trwające kilka nanosekund, a cała uwolniona przy tej okazji energia równa jest energii zawartej w ćwiartce filiżanki benzyny.

Wyobraźmy sobie, że uda nam się znaleźć jakiś sposób, żeby nieprzerwanie dostarczać takiemu laserowi energię potrzebną do działania, a każdy z nas otrzyma taki laser i skieruje go w stronę Księżyca. Niestety, przepływ tak ogromnej energii zamieni atmosferę Ziemi w plazmę, która natychmiast zapali się na powierzchni naszej planety i zabije nas

wszystkich. Załóżmy jednak, że światło lasera w jakiś sposób przenikałoby przez atmosferę bez wzajemnego oddziaływania.

Okazuje się, że wówczas Ziemia **również** może stanąć w płomieniach. Światło odbite od Księżyca byłoby 4 tysiące razy silniejsze od światła słonecznego w południe – wystarczająco jasne, aby wszystkie oceany wygotowały się w ciągu roku.

Dajmy spokój Ziemi – co stałoby się z Księżycem? Sam laser wywierałby dostatecznie duże ciśnienie promieniowania, aby przyspieszyć ruch Księżyca mniej więcej o jedną dziesięciomilionową przyspieszenia ziemskiego. Przyspieszenie to byłoby niezauważalne w krótkim okresie, ale po latach satelita Ziemi zostałby za jego sprawą wypchnięty z orbity okołoziemskiej… oczywiście gdyby ciśnienie promieniowania było jedynym czynnikiem, jaki powinniśmy brać pod uwagę.

Czterdzieści megadżuli energii wystarczy, aby odparować kilogram skały. Przy założeniu, że skały księżycowe mają średnią gęstość około trzech kilogramów na decymetr sześcienny, lasery dostarczałyby energię wystarczającą do odparowania czterech metrów skały macierzystej Księżyca na sekundę:

$$\frac{5 \text{ miliardów ludzi} \times 500 \dfrac{\text{terawatów}}{\text{osobę}}}{\text{p} \times \text{promień Księżyca}^2} \times \frac{1 \text{ kilogram}}{40 \text{ megadżuli}} \times \frac{1 \text{ decymetr}^3}{3 \text{ kilogramy}} \approx 4 \frac{\text{metry}}{\text{sekundę}}$$

Jednak w rzeczywistości skały Księżyca nie wyparowałyby tak szybko – z bardzo ważnego powodu. Po odparowaniu bryła skalna nie znika tak po prostu. Warstwa powierzchniowa Księżyca stałaby się plazmą, która wciąż blokowałaby drogę wiązce światła.

Nasz laser dostarczałby plazmie coraz więcej energii i nieustannie by ją podgrzewał. Cząsteczki odbijałyby się od siebie, uderzały w powierzchnię

Księżyca i w końcu wylatywały w przestrzeń kosmiczną z ogromną prędkością.

Ten przepływ materii zamieniłby w rezultacie całą powierzchnię satelity Ziemi w silnik rakietowy, w dodatku zaskakująco wydajny. Zastosowanie laserów do usuwania warstwy powierzchniowej materiału nazywamy ablacją laserową i jest to obiecująca metoda napędzania statków kosmicznych.

Wprawdzie Księżyc jest masywny, ale plazma z niszczonych skał powoli i zdecydowanie zaczęłaby odpychać go od Ziemi. (Strumień plazmy zdarłby także powierzchnię naszej planety, niszcząc przy okazji lasery, ale przyjmijmy, że są one niezniszczalne). Plazma zniszczyłaby również powierzchnię Księżyca w skomplikowanej interakcji, trudnej do pokazania za pomocą symulacji.

Jeżeli założymy, że cząsteczki plazmy poruszają się ze średnią prędkością 500 kilometrów na sekundę, po kilku miesiącach Księżyc zostałby wypchnięty poza zasięg naszego lasera. Zachowałby większą część swojej masy, ale znalazłby się poza wpływem ziemskiej grawitacji i zacząłby krążyć wokół Słońca po asymetrycznej orbicie.

Formalnie rzecz biorąc, Księżyc nie stałby się nową planetą zgodnie z definicją Międzynarodowej Unii Astronomicznej (IAU). Ponieważ jego orbita przecinałaby ziemską, zostałby uznany za planetę karłowatą, taką jak Pluton. Nowa orbita Księżyca byłaby narażona na trudne do przewidzenia okresowe zaburzenia. W końcu Księżyc zostałby wyrzucony jak z procy w kierunku Słońca lub zewnętrznej części Układu Słonecznego, ewentualnie uderzyłby w jedną z planet – całkiem możliwe, że w Ziemię. Trzeba przyznać, że zasłużylibyśmy sobie na taki los.

A oto efekt!

I wreszcie moc byłaby wystarczająca.

Mur pierwiastków

Co by się stało, gdybyśmy stworzyli układ okresowy pierwiastków z cegieł w kształcie sześcianów, a każda cegła byłaby zbudowana tylko z jednego pierwiastka?

ANDY CONNOLLY

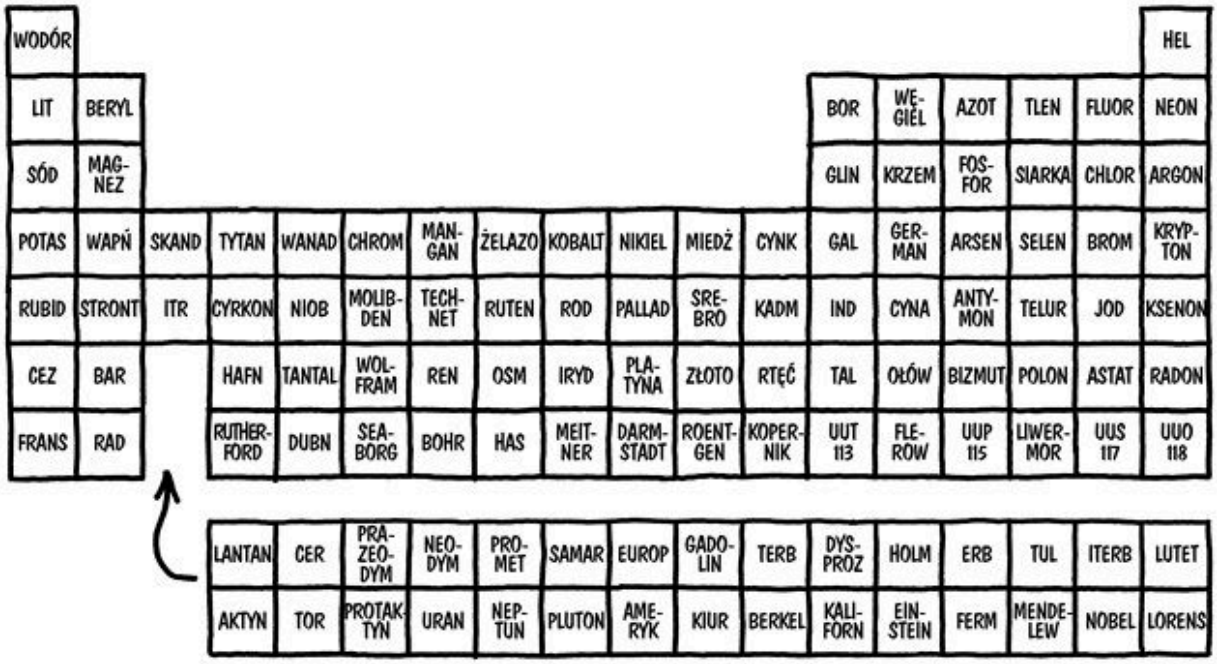
SĄ LUDZIE, KTÓRZY kolekcjonują pierwiastki. Starają się zdobyć próbki możliwie jak największej liczby pierwiastków i umieszczają je w gablotach, poukładane w rzędach, tak jak w układzie okresowym [17].

Trzydzieści ze 118 pierwiastków – takich jak hel, węgiel, glin i żelazo – można kupić w czystej formie. Kolejne kilkadziesiąt można odzyskać z różnych przedmiotów (niewielkie ilości ameryku znajdują się w wykrywaczach dymu). Jeszcze inne można zamówić przez internet.

W sumie możliwe jest zdobycie próbek około 80 pierwiastków – lub 90, jeśli macie ochotę podjąć ryzyko związane z własnym zdrowiem, bezpieczeństwem i wpisem do policyjnej kartoteki. Pozostałe są zbyt radioaktywne lub nietrwałe, aby można było uzyskać więcej niż kilka atomów każdego z nich.

Ale gdyby się jednak **udało**?

Układ okresowy pierwiastków ma siedem rzędów [18].



• Dwa pierwsze rzędy ułożylibyśmy bez problemu.

• Trzeci rząd by nas spalił.

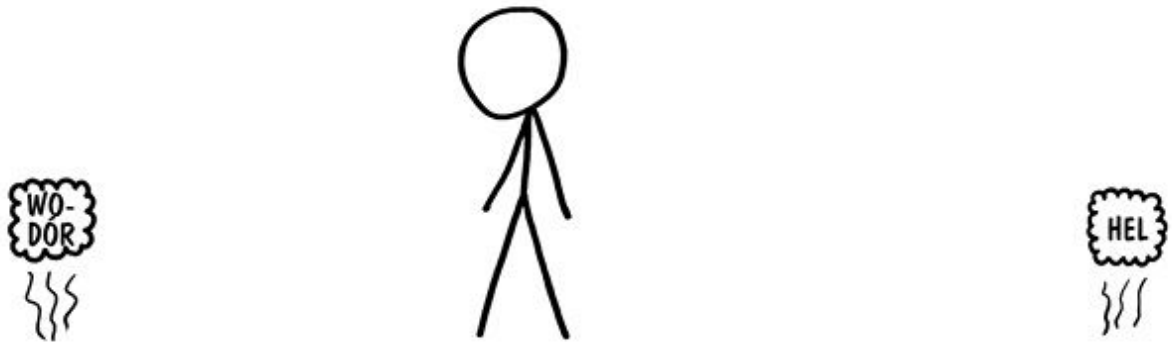
• Czwarty rząd zabiłby nas toksycznym dymem.

• Piąty rząd zrobiłby z nami wszystko to, co poprzednie, **oraz** podarowałby nam umiarkowaną dawkę promieniowania.

• Szósty rząd wybuchłby gwałtownie, niszcząc budynek. Pozostawiłby po sobie radioaktywną chmurę, toksyczny dym i pył.

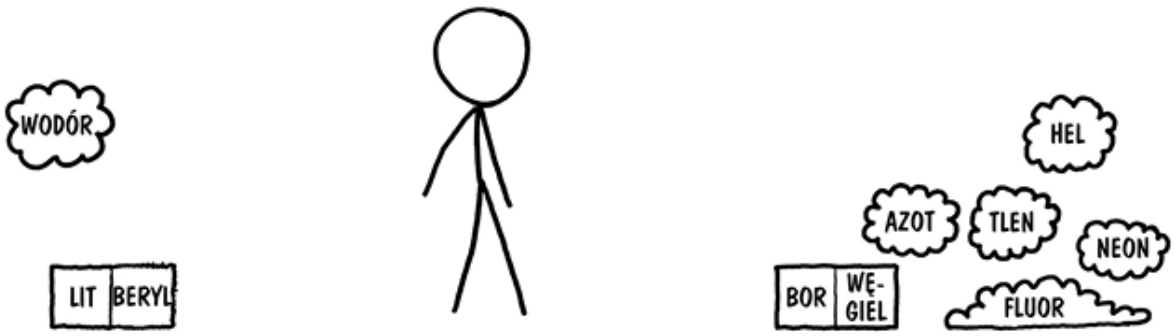
• Nie budujcie siódmego rzędu!

Zacznijmy od góry. Pierwszy rząd jest prosty, nawet nudny.



Sześcian z wodoru uniósłby się do góry jak balon bez powłoki i rozproszył. To samo stałoby się z helem.

Drugi rząd jest bardziej skomplikowany.



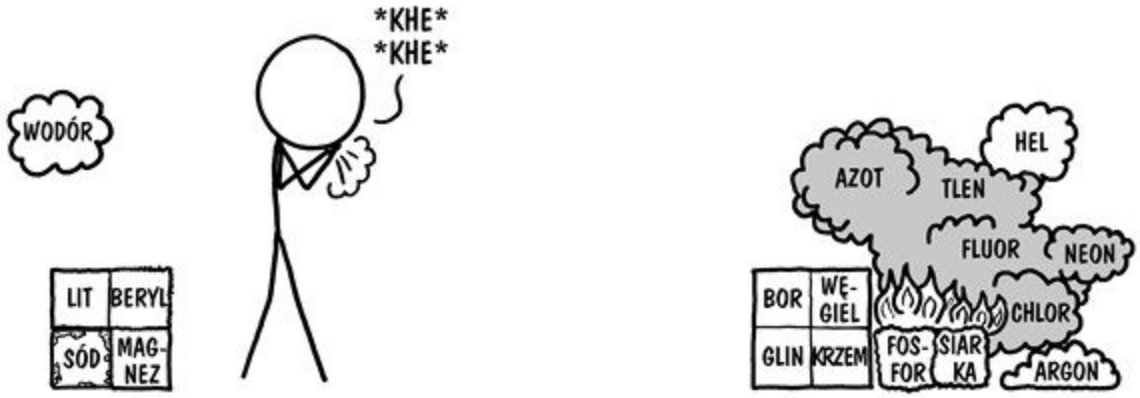
Lit natychmiast by zmatowiał. Beryl jest dość toksyczny, trzeba z nim postępować ostrożnie i nie dopuścić do rozpylenia go w powietrzu. Tlen i azot krążyłyby w powietrzu, powoli się rozpraszając. Neon odpłynąłby w siną dal [19]. Bladożółty gaz fluor rozprzestrzeniłby się i osiadł na powierzchni ziemi. Fluor jest najbardziej reaktywnym i żrącym pierwiastkiem układu okresowego. Prawie każda substancja poddana działaniu czystego fluoru zajęłaby się ogniem.

Rozmawiałem o takim scenariuszu z chemikiem organicznym Derekiem Lowe’em [20]. Jego zdaniem fluor nie wszedłby w reakcję z neonem i „zaobserwowalibyśmy rodzaj zbrojnego rozejmu z chlorem, ale jeżeli chodzi o pozostałe pierwiastki, to lepiej nie mówić”. Gdyby fluor się

rozprzestrzenił, narobiłby problemów nawet w dalszych rzędach, gdyby zaś zetknął się z jakąkolwiek wilgocią, powstałby żrący kwas fluorowodorowy.

Nawet śladowa ilość fluoru wciągnięta z powietrzem do wnętrza ciała poważnie uszkodziłaby lub zniszczyła nasz nos, płuca, usta, oczy i w końcu całą resztę. Nie obylibyśmy się bez maski gazowej. Należy pamiętać, że fluor przeżarłby większość materiałów, z jakich zrobione są maski, trzeba by je więc najpierw przetestować. Dobrej zabawy!

A teraz przejdźmy do trzeciego rzędu!



Połowa z przytoczonych tu informacji pochodzi z encyklopedii naukowej CRC Handbook of Chemistry and Physics, a druga połowa z brytyjskiego serialu komediowego Look Around You.

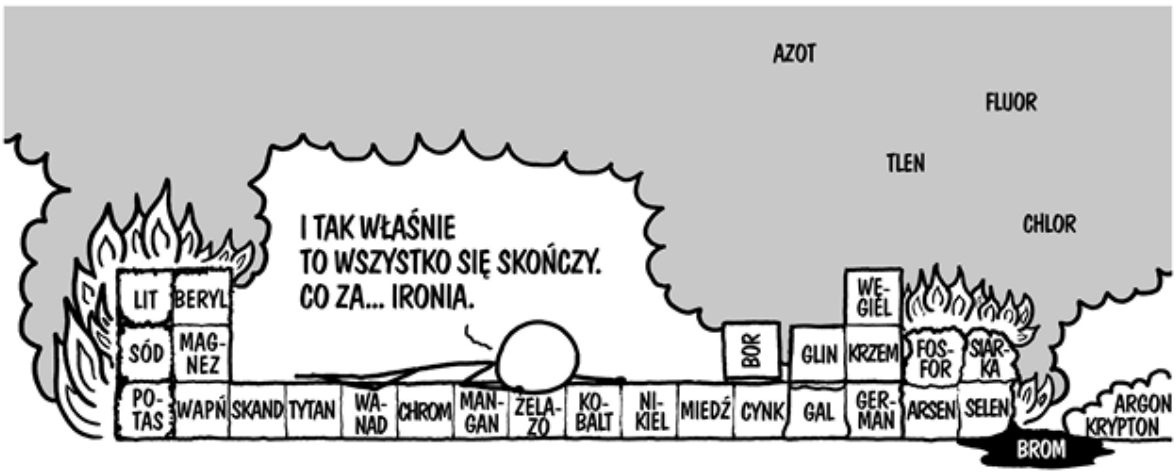
Tutaj największym awanturnikiem jest fosfor. Czysty fosfor występuje w kilku postaciach. Fosfor czerwony jest w miarę bezpieczny. Fosfor biały ulega spontanicznemu zapłonowi w kontakcie z powietrzem, płonie gorącym, trudnym do ugaszenia płomieniem i jest bardzo toksyczny [21].

Siarka w normalnych warunkach nie stwarzałaby żadnych problemów, najwyżej brzydko by pachniała. Nasza siarka upchnięta jest jednak między zapalającym fosforem po lewej… a fluorem i chlorem po prawej stronie. Podobnie jak wiele innych substancji, siarka wystawiona na działanie czystego gazu fluorowego szybko się zapala.

Obojętny chemicznie argon jest cięższy od powietrza, rozprzestrzeniłby się więc i osiadł na powierzchni ziemi. Ale nie martwmy się argonem, mamy większe problemy.

W wyniku reakcji spalania powstałoby mnóstwo paskudnych substancji, takich jak heksafluorek siarki. Gdybyśmy przeprowadzali ten eksperyment w jakimś pomieszczeniu, zatrulibyśmy się toksycznym dymem, a cały budynek mógłby stanąć w płomieniach.

A to dopiero trzeci rząd. Dalej, do czwartego!



„Arsen” – to brzmi przerażająco. Istnieje ku temu dobry powód: ten pierwiastek jest toksyczny dla praktycznie wszystkich złożonych form życia. Czasami jednak panika, jaką odczuwamy w obliczu groźnych substancji chemicznych, jest nieproporcjonalna do realnego zagrożenia; śladowe ilości arsenu znajdują się w naszym pożywieniu oraz w wodzie i nikomu to nie szkodzi. To nie ten przypadek.

Zapalający się fosfor (teraz znajdujący się w towarzystwie łatwo zapalającego się potasu, równie podatnego na spontaniczny samozapłon) może doprowadzić do zapalenia się arsenu i uwolnienia dużych ilości trójtlenku arsenu. Substancja ta jest dość toksyczna, nie wdychajcie jej.

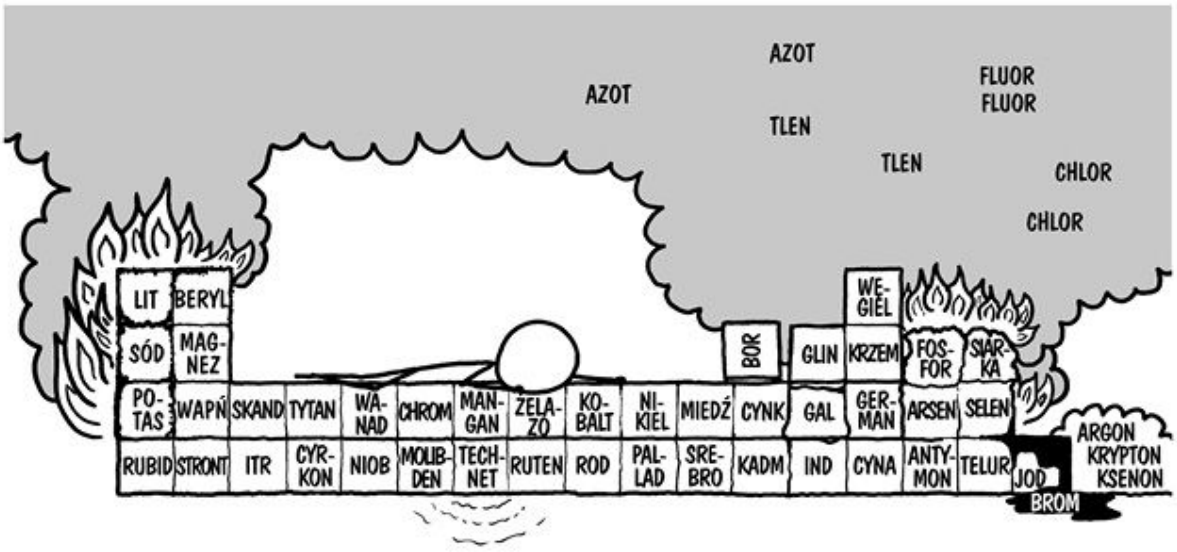
Czwarty rząd wytwarza także paskudny smród. Selen i brom weszłyby w gwałtowną reakcję, a Lowe mówi, że palący się selen „może zamienić zapach siarki w woń perfum Chanel”.

Gdyby glin przetrwał działanie ognia, stałoby się z nim coś bardzo dziwnego. Topiący się gal, znajdujący się pod glinem, nasączyłby go, zaburzając jego strukturę i zmieniając go w coś równie miękkiego i słabego jak mokry papier [22].

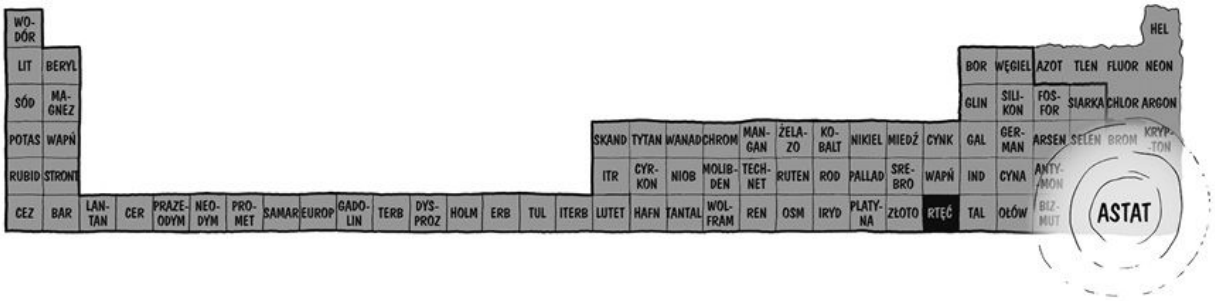
Paląca się siarka zalałaby brom, który w temperaturze pokojowej jest cieczą. Tę cechę posiada jeszcze tylko jeden pierwiastek – rtęć. Poza tym jest to wyjątkowe paskudztwo. Nie sposób policzyć różnych toksycznych związków, które wydzieliłyby się na tym etapie spalania. Jeśli jednak podczas przeprowadzania tego eksperymentu znajdowalibyśmy się w bezpiecznej odległości, to może udałoby się nam przeżyć.

Piąty rząd zawiera coś interesującego: technet-99. To nasza pierwsza radioaktywna cegła. Technet jest pierwiastkiem o najniższej liczbie atomowej spośród tych, które nie posiadają stabilnych izotopów. Dawka promieniowania otrzymana z sześcianu tego metalu o objętości jednego litra byłaby spora, ale nie śmiertelna. Gdybyśmy przez cały dzień nosili kapelusz wykonany z tego pierwiastka lub wdychali go w formie pyłu, z pewnością byśmy nie przeżyli.

Jeśli nie liczyć technetu, piąty rząd byłby podobny do czwartego.



Marsz do szóstego rzędu! Niezależnie od tego, jak bardzo będziemy uważać, szósty rząd z pewnością nas zabije.



Ta wersja układu okresowego pierwiastków jest trochę szersza od tej, do której się przyzwyczailiśmy, ponieważ w rzędach 6. i 7. uwzględniliśmy lantanowce oraz aktynowce. (Pierwiastki te są zwykle umieszczane obok głównej tablicy, żeby nie była ona zbyt szeroka).

Szósty rząd układu okresowego zawiera kilka radioaktywnych pierwiastków, między innymi promet, polon [23], astat i radon. Astat jest tym złym [24].

Nie wiemy, jak wygląda, ponieważ – jak to ujął Lowe – „to coś po prostu nie chce istnieć”. Astat jest tak radioaktywny (z okresem połowicznego rozpadu liczonym w godzinach), że każdy większy kawałek tego pierwiastka wyparowałby pod wpływem własnego ciepła. Chemicy

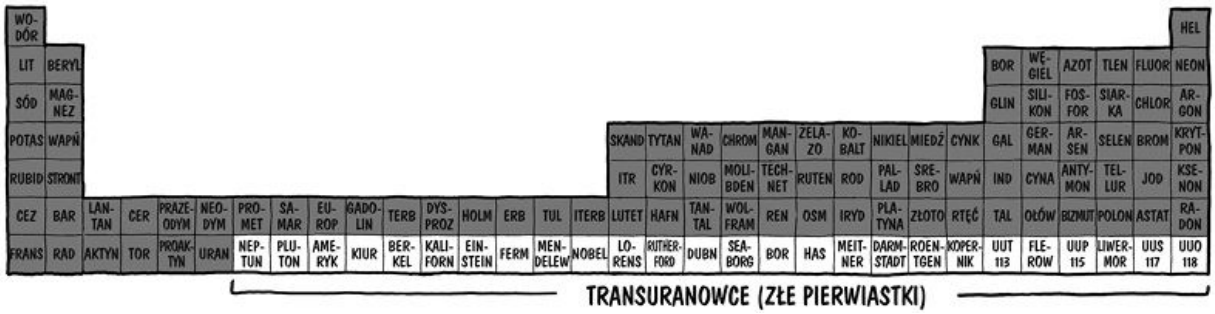
podejrzewają, że ma doskonale czarną powierzchnię, ale nie wiadomo, jak jest naprawdę. Astat nie posiada karty charakterystyki substancji. Gdyby istniała, byłoby to słowo „NIE”, wielokrotnie nagryzmolone na zwęglonym ciele.

Krótko mówiąc, nasz sześcian zawierałby więcej astatu, niż kiedykolwiek udało się zsyntetyzować. Celowo używam zwrotu „krótko mówiąc”, ponieważ zamieniłby się on błyskawicznie w kolumnę przegrzanego gazu. Samo ciepło spowodowałoby oparzenia trzeciego stopnia u wszystkich osób znajdujących się w pobliżu, a cały budynek zostałby zniszczony. Chmura gorącego gazu uniosłaby się szybko, wydzielając przy tym ciepło i promieniowanie.

Eksplozja byłaby w sam raz taka, żeby zapewnić maksymalnie dużo papierkowej roboty dla całego naszego laboratorium. Gdyby była mniejsza, pewnie poradzilibyśmy sobie sami. Gdyby natomiast eksplozja była potężniejsza, w całym mieście nie znalazłby się nikt, komu można by zlecić tę papierkową robotę. Z chmury sypałby się pył i spadały różne odłamki pokryte astatem, polonem oraz innymi radioaktywnymi substancjami, a cała okolica po stronie zawietrznej nie nadawałaby się do zamieszkania.

Poziom promieniowania byłby niewiarygodnie wysoki. Mrugnięcie powieką zajmuje kilkaset milisekund i w tak krótkim czasie otrzymalibyśmy śmiertelną dawkę promieniowania. Przyczyną śmierci byłoby coś, co można nazwać „ekstremalnie ostrym napromieniowaniem”.

Siódmy rząd byłby o wiele gorszy.

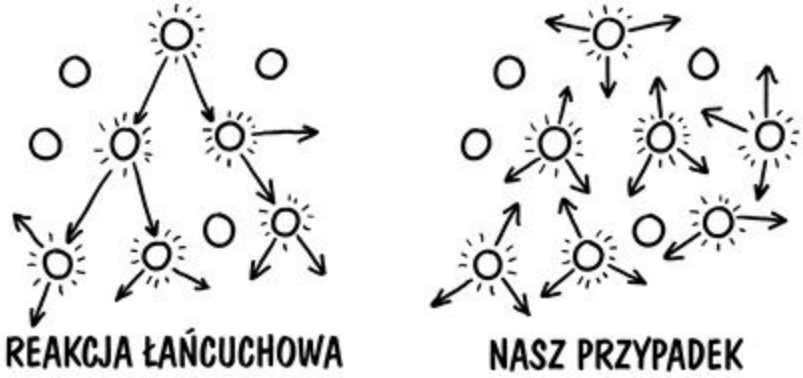


W najniższym rzędzie układu okresowego upchnięto całą gromadę dziwnych pierwiastków zwanych **transuranowcami**. Przez długi czas wiele z nich miało nazwy zastępcze, jak na przykład „unununium”, ale stopniowo przyznawane im są nazwy stałe.

Jednak nie ma co się spieszyć, ponieważ większość z tych pierwiastków jest tak niestała, że mogą powstawać tylko w akceleratorach cząstek i nie istnieją dłużej niż kilka minut. Jeśli mamy 100 tysięcy atomów liwermoru (pierwiastek 116), to po sekundzie zostanie nam jeden – a kilkaset milisekund później tego ostatniego też już nie będzie.

Pechowo dla naszego projektu transuranowce nie znikają spokojnie, lecz ulegają rozpadowi radioaktywnemu, przy czym większość z nich rozpada się na substancje, które **również** ulegają rozpadowi. Sześcian jakiegokolwiek pierwiastka rozpadłby się zatem w kilka sekund, uwalniając potężną ilość energii.

W rezultacie nie mielibyśmy do czynienia z czymś podobnym do eksplozji jądrowej – to **byłaby** eksplozja jądrowa. Jednak w odróżnieniu od bomby atomowej nie wystąpiłaby reakcja łańcuchowa, tylko zwykła reakcja. Wszystko stałoby się w jednej chwili.



Strumień energii natychmiast zamieniłby nas i całą resztę układu okresowego pierwiastków w plazmę. Wybuch przypominałby eksplozję jądrową średniej wielkości, jednak opad radioaktywny byłby o wiele, wiele

gorszy – istna mieszanka wszystkich pierwiastków układu okresowego, zmieniających się, w co się da, i to najszybciej, jak to możliwe.

Nad miastem wzniósłby się grzyb atomowy. Wierzchołek tej chmury, napędzany własnym ciepłem, dotarłby do stratosfery. Gdybyśmy znajdowali się na obszarze zamieszkanym, początkowa liczba ofiar wybuchu byłaby szokująca, lecz o wiele gorsze skutki miałoby długotrwałe skażenie terenu spowodowane opadem radioaktywnym.

Opad ten nie byłby zwykłym, banalnym opadem radioaktywnym [25] – wyglądałoby to tak, jakby bomba jądrowa **eksplodowała bez końca**. Składniki opadu zostałyby rozniesione po całej Ziemi, a spowodowana tym aktywność promieniotwórcza byłaby tysiące razy większa niż po katastrofie w Czarnobylu. Ogromne obszary zostałyby spustoszone, a ich gruntowne oczyszczanie trwałoby całe stulecia.

Kolekcjonowanie różnych rzeczy daje z pewnością wiele radości, lecz jeśli chodzi o pierwiastki chemiczne, lepiej **nie** posiadać ich wszystkich.

Wszyscy skaczą

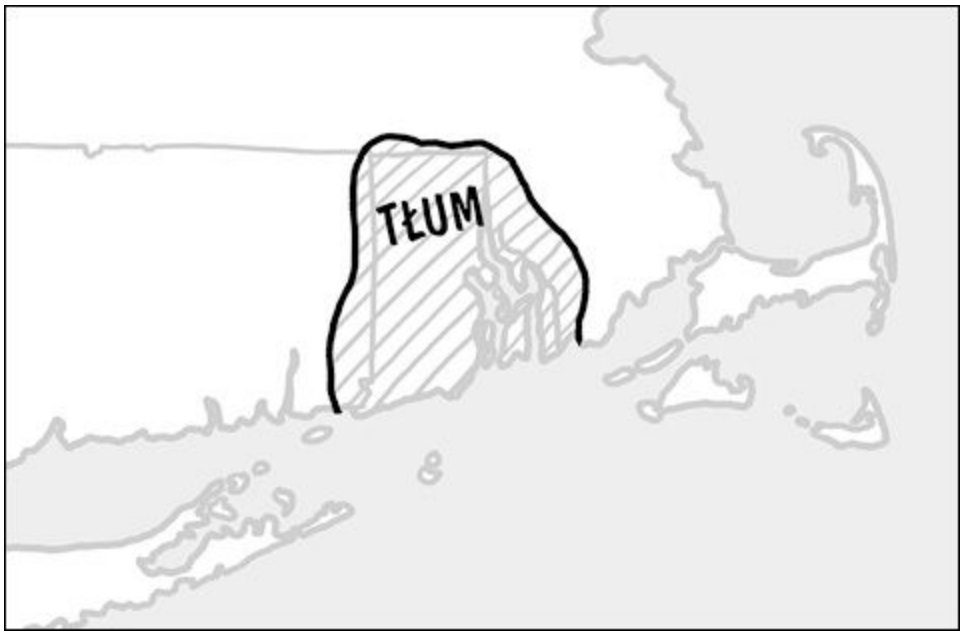
Co by się stało, gdyby wszyscy mieszkańcy Ziemi stanęli jak najbliżej siebie, podskoczyli i jednocześnie spadli na ziemię?

THOMAS BENNETT (ORAZ WIELU INNYCH)

JEST TO JEDNO z najczęściej zadawanych pytań na mojej stronie internetowej. Zagadnieniem tym już się zajmowano, między innymi na stronach internetowych ScienceBlogs i The Straight Dope. Pod względem kinematyki objaśniono to całkiem dobrze, ale sprawa jest bardziej złożona. Przyjrzyjmy się jej bliżej.

Na początku przyjmijmy, że wszyscy mieszkańcy naszej planety zostali w magiczny sposób przetransportowani w jedno miejsce.

Ich zgromadzenie zajmuje powierzchnię równą stanowi Rhode Island. Nie ma jednak żadnego powodu, aby używać nieprecyzyjnego stwierdzenia „powierzchnia równa stanowi Rhode Island”. To jest nasz scenariusz, więc możemy być bardziej konkretni. Niech oni faktycznie znajdą się na Rhode Island.



Punktualnie w południe wszyscy skaczą do góry!

Ten podskok nie będzie miał żadnego wpływu na naszą planetę. Ziemia jest ponad 10 bilionów razy cięższa od nas wszystkich. Człowiek w dobrej formie może podskoczyć na wysokość około pół metra. Nawet gdyby Ziemia była sztywna i zareagowała natychmiast, zostałaby zepchnięta w dół na odległość mniejszą od rozmiaru atomu.

A potem wszyscy spadną na ziemię.

W istocie Ziemia otrzyma wtedy mnóstwo energii, ale rozłoży się ona równomiernie na tak dużej powierzchni, że jedynym efektem będą ślady stóp w wielu ogródkach. Delikatny impuls ciśnienia przejdzie przez skorupę ziemską Ameryki Północnej i rozproszy się praktycznie bez żadnych następstw. Uderzenie tylu stóp o ziemię wywoła trwający wiele sekund dźwięk, przypominający głośny, przeciągły ryk.

W końcu nastanie cisza.

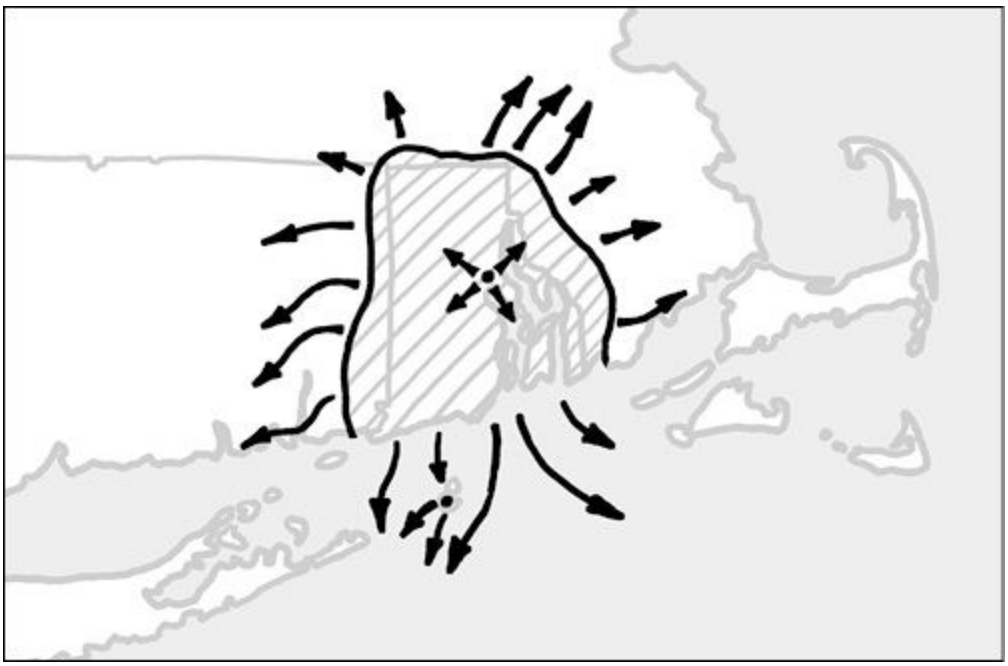
Chwilę potem wszyscy zaczną się rozglądać.

Wiele osób wymieni niepewne spojrzenia. Ktoś zakaszle.

Ktoś wyjmie z kieszeni telefon komórkowy. W ciągu kilku sekund w jego ślady pójdą pozostali. Wszystkie 5 miliardów telefonów – nawet te

kompatybilne z lokalnymi sieciami – pokażą na wyświetlaczu różne wersje komunikatu BRAK SYGNAŁU. Sieci komórkowe nie wytrzymają takiego bezprecedensowego obciążenia. A poza stanem Rhode Island nieobsługiwane przez nikogo urządzenia przestaną działać.

Lokalny port lotniczy T.F. Green w Warwick obsługuje kilka tysięcy pasażerów dziennie. Jeśli założymy, że wszystko będzie perfekcyjnie zorganizowane (w tym misje rozpoznawcze wysyłane w celu zdobycia paliwa), lotnisko może działać przez lata z 500-procentową przepustowością, a tłum jakoś szczególnie się nie zmniejszy.



Wykorzystanie wszystkich pobliskich lotnisk i lokalnej kolejki wąskotorowej także niewiele zmieni w tej sytuacji. Tłumy ludzi mogą zaokrętować się na kontenerowce w dalekomorskim porcie Providence, ale problemem będzie zapewnienie im dostatecznej ilości pożywienia i wody na długą podróż morską.

Wszystkie pół miliona samochodów w Rhode Island zostanie zarekwirowanych. Wkrótce potem na autostradach międzystanowych I-95, I-195 i I-295 utworzą się największe w historii świata korki. Większość

samochodów zostanie zablokowana przez tłumy ludzi, a nieliczni szczęśliwcy, którym uda się wydostać, rozpoczną podróż opuszczonymi drogami.

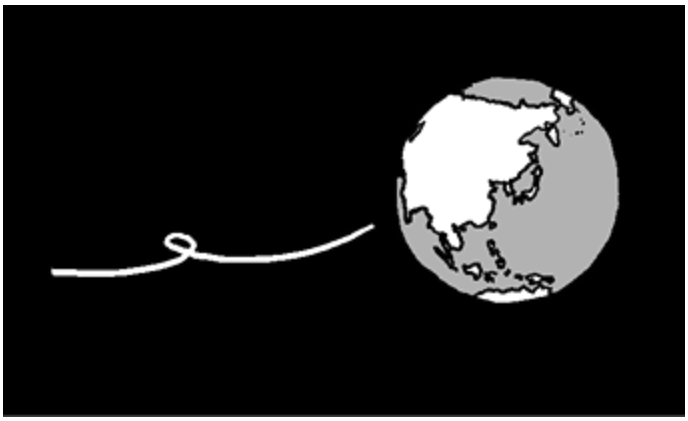
Niektórzy zdołają nawet dotrzeć poza Nowy Jork i Boston, zanim skończy im się paliwo. A ponieważ prądu raczej wszędzie będzie już brakowało, nie będzie sensu szukać stacji benzynowej. Łatwiej porzucić samochód i ukraść jakiś inny, bo kto nas powstrzyma? Wszyscy gliniarze będą przecież na Rhode Island.

Tłum ludzi dotrze do południowej części stanu Massachusetts i do Connecticut. Mało prawdopodobne, by spotykający się ludzie mówili tym samym językiem. Prawie nikt nie będzie znał okolicy. Stan Rhode Island stanie się miejscem, gdzie w sposób chaotyczny będą mieszać się lub zanikać istniejące dotychczas hierarchie społeczne. Wszędzie zapanuje przemoc. Wszyscy będą głodni i spragnieni, lecz w sklepach spożywczych nie da się nic kupić. Trudno będzie zdobyć wodę pitną i zapewnić jej dystrybucję.

W ciągu kilku tygodni Rhode Island stanie się cmentarzem dla miliardów ludzi.

Ci, którzy przeżyją, będą wędrować po całym świecie, próbując zbudować nową cywilizację na świeżych gruzach starej. Nasz gatunek przetrwa, ale jego populacja znacznie się zmniejszy. Orbita Ziemi zupełnie się jednak nie zmieni – nasza planeta będzie kręcić się tak jak dawniej, przed skokiem do góry całego naszego gatunku.

Teraz przynajmniej już to wiemy…



Mol kretów [26]

Co by się stało, gdybyśmy zebrali mol (jednostka miary) kretów (małe, futrzane stworzenie) w jednym miejscu?

SEAN RICE

TO ZAGADNIENIE JEST TROCHĘ makabryczne.

Na początek parę definicji.

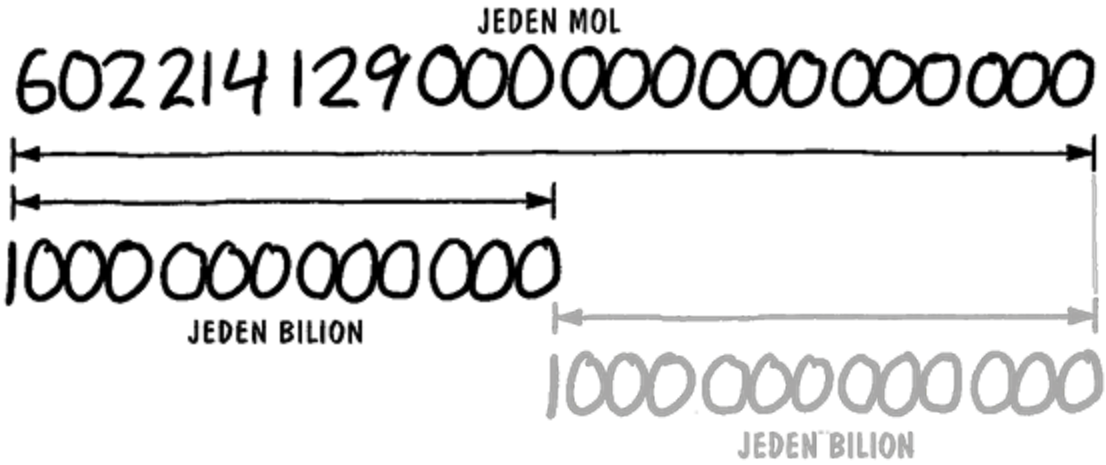
Mol jest jednostką miary. Nie jest to jednak typowa jednostka, tylko liczba – taka jak tuzin czy miliard. Mol czegoś to 602 214 129 000 000 000 000 000 sztuk (zwykle zapisywane jako $6{,}022 \times 10^{23}$). Ta liczba jest tak duża, ponieważ stosuje się ją do określania liczby całego mnóstwa cząsteczek [27].

Kret jest rodzajem ryjącego zwierzaka. Istnieje kilka gatunków kretów, niektóre z nich wyglądają naprawdę przerażająco [28].

Jak zatem wyglądałby mol kretów – czyli 602 214 129 000 000 000 000 000 zwierzaków?

Po pierwsze, zacznijmy od dość fantastycznych przewidywań. Ta sytuacja dobrze oddaje to, co dzieje się w mojej głowie, zanim jeszcze wezmę do ręki kalkulator, a jest mi to potrzebne, żeby wyobrazić sobie liczby, o jakich mowa. To ten rodzaj obliczeń, w których liczby 10 oraz 1 i 0,1 są na tyle zbliżone, że możemy je traktować jako równe.

Kret jest na tyle mały, że można go wziąć do ręki i nim rzucić[potrzebne źródło]. Zakładam, że dam radę rzucić czymś, co waży jeden funt. Przyjmijmy też, że funt to jeden kilogram. Liczba 602 214 129 000 000 000 000 000 wygląda na dwa razy dłuższą od biliona, czyli jest to bilion bilionów. Przypadkowo pamiętam, że tyle właśnie ważą planety.



…gdyby ktoś pytał, to **nie** *ja wam mówiłem, że tak należy się uczyć matematyki.*

To wystarczy, aby wyobrazić sobie, że mówimy o górze kretów w skali planetarnej. Moje oszacowanie jest bardzo ogólne, może ich być tysiące mniej albo tysiące więcej.

Obliczmy to dokładniej.

Kret *Scalopus aquaticus* waży około 75 gramów, co oznacza, że mol kretów waży:

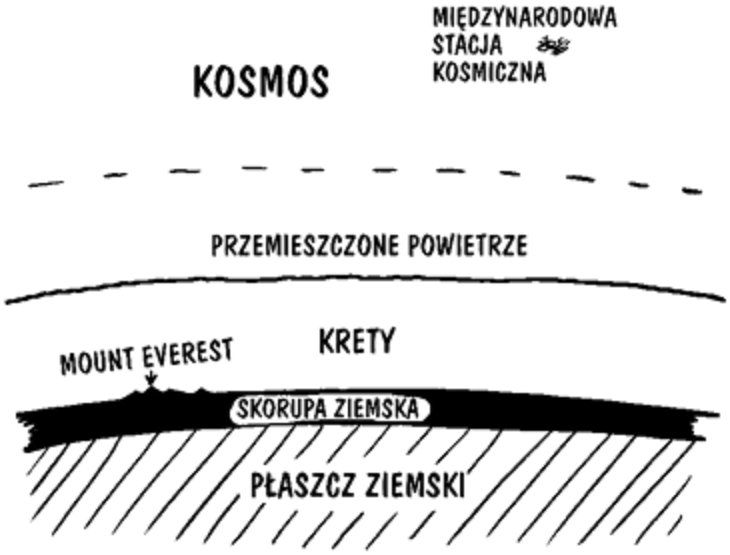
$$(6{,}022 \times 10^{23}) \times 75\ \text{g} \approx 4{,}52 \times 10^{22}\ \text{kg}$$

To trochę więcej niż połowa masy Księżyca.

Ssaki składają się głównie z wody. Kilogram wody ma objętość jednego litra, jeśli więc krety ważą $4{,}52 \times 10^{22}$ kilogramów, to zajmą objętość około $4{,}52 \times 10^{22}$ litrów. Być może zwróciliście uwagę, że pominęliśmy wolne przestrzenie pomiędzy kretami. Zaraz okaże się dlaczego.

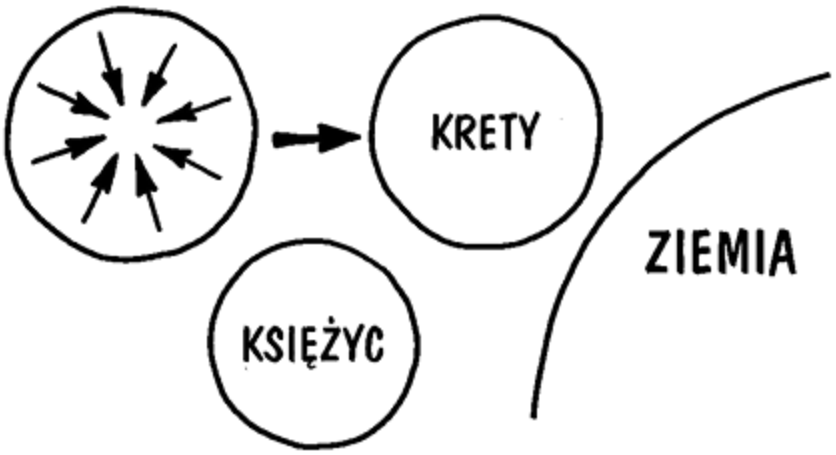
Pierwiastek sześcienny z $4{,}52 \times 10^{22}$ litrów (inaczej: decymetrów sześciennych) wynosi 3562 kilometry, czyli mówimy o sześcianie, którego bok ma długość 3562 kilometry, lub o kuli, której promień ma długość 2210 kilometrów [29].

Gdyby wszystkie te krety wypuścić na powierzchnię Ziemi, grubość ich warstwy wyniosłaby 80 kilometrów – czyli w przybliżeniu sięgnęłaby miejsca, w którym (jak kiedyś sądzono) zaczyna się Kosmos.



Ten przytłaczający ocean mięsa pod działaniem wysokiego ciśnienia zniszczyłby większość form życia na naszej planecie, co mogłoby – ku przerażeniu użytkowników serwisu internetowego Reddit – zagrozić integralności systemu DNS. Wobec tego przeprowadzenie takiego eksperymentu na Ziemi jest całkowicie wykluczone.

Zgromadźmy więc te krety w przestrzeni międzyplanetarnej. Siła grawitacji ścisnęłaby je w kulę. Mięsa nie da się tak łatwo ścisnąć, czyli objętość kretów zmniejszyłaby się tylko nieznacznie i otrzymalibyśmy w ten sposób planetę nieco większą od Księżyca.



Na planecie z kretów pole grawitacyjne przy powierzchni byłoby w przybliżeniu 16 razy mniejsze od ziemskiego, podobne do tego na powierzchni Plutona. Początkowo temperatura planety byłaby jednolita – umiarkowana, prawdopodobnie nieco wyższa od temperatury pokojowej – a kontrakcja grawitacyjna podgrzałaby jej wnętrze o kilka stopni.

Wtedy zaczęłyby się dziać dziwne rzeczy. Planeta kretów byłaby ogromną kulą mięsa, posiadającą olbrzymią ilość utajonej energii (liczba kalorii równa tej, której potrzebowałaby cała obecna populacja Ziemi przez 30 miliardów lat). W normalnych warunkach rozkładająca się materia organiczna uwalnia większość energii w postaci ciepła. Jednak w tym przypadku w przeważającej części wnętrza planety panowałoby ciśnienie ponad 100 megapaskali, wystarczająco wysokie, żeby zabić bakterie i wysterylizować szczątki kretów ze wszelkich mikroorganizmów, które mogłyby rozwijać się w ich tkankach.

Bliżej powierzchni, gdzie ciśnienie byłoby niższe, pojawiłby się kolejny problem utrudniający rozkład – we wnętrzu planety kretów znajdowałaby się mała ilość tlenu. Bez tlenu nie może zachodzić typowy rozkład, a jedynymi bakteriami, które potrafią tego dokonać, są bakterie beztlenowe. Taka reakcja, chociaż mało wydajna, może jednak uwolnić sporo ciepła.

Gdyby zachodziła bez żadnych przeszkód, doprowadziłaby planetę do stanu wrzenia.

Proces rozkładu sam by się jednak ograniczał. Tylko nieliczne bakterie przetrwałyby w temperaturze powyżej 60°C, więc w miarę wzrostu temperatury następowałoby ich wymieranie, a rozkład odbywałby się coraz wolniej. Tworzące planetę ciała kretów stopniowo zmieniałyby się w kerogen, materię organiczną w formie papki, która wraz ze wzrostem temperatury przekształciłaby się w końcu w ropę naftową.

Powierzchnia planety wypromieniowywałaby ciepło w przestrzeń kosmiczną i stopniowo zamarzała. Warstwa krecich futerek po zamarznięciu izolowałaby wnętrze planety i spowalniała ucieczkę ciepła w Kosmos. Jednak przepływ ciepła w jej ciepłym wnętrzu odbywałby się w większości na zasadzie konwekcji. Słupy gorącego mięsa i bąbli uwięzionych gazów takich jak metan – wraz z powietrzem z płuc martwych kretów – przebijałyby się od czasu do czasu przez skorupę i docierały do powierzchni. Tam dochodziłoby do erupcji wulkanicznych i tworzyłyby się gejzery wyrzucające w przestrzeń krecie ciała.

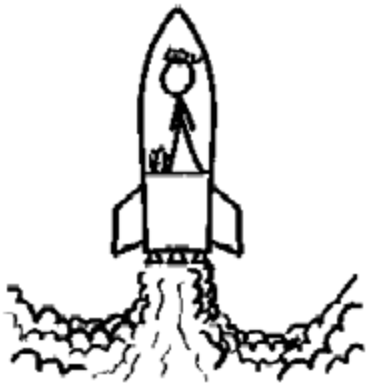
W końcu po wielu wiekach lub tysiącleciach takiego zamętu planeta uspokoiłaby się i schłodziła tak bardzo, że proces zamarzania objąłby ją w całości. W jej jądrze panowałoby tak wysokie ciśnienie, że w wyniku procesu schładzania woda krystalizowałaby się i tworzyła egzotyczne odmiany lodu, takie jak lód III i lód V, a w końcu lód II oraz lód IX [30].

W sumie bardzo niewesoła perspektywa. Na szczęście można podejść do tego inaczej.

Nie mam wiarygodnych danych dotyczących liczby kretów żyjących na Ziemi (ani małych ssaków w ogóle), ale załóżmy, że na każdego człowieka przypada przynajmniej kilkadziesiąt myszy, szczurów, karczowników i innych małych ssaków.

W naszej galaktyce może być miliard zamieszkanych planet. Gdybyśmy kolonizowali te planety, z pewnością zabralibyśmy ze sobą myszy i szczury. I gdyby tylko na jednej na 100 planet żyły małe ssaki podobne do tych znanych nam z Ziemi, po kilku milionach lat – cóż to jest w skali ewolucji! – łączna liczba tych stworzeń żyjących na przestrzeni wieków byłaby większa od liczby Avogadra (równej jednemu molowi).

Jeżeli chcemy mieć mol kretów, budujmy statek kosmiczny.



Suszarka do włosów

Co by się stało, gdyby suszarka do włosów pracująca ze stałą mocą została włożona do hermetycznego pojemnika o wymiarach 1 m × 1 m × 1 m?

DRY PARATROOPA

TYPOWA SUSZARKA pracuje z mocą 1875 watów.

Z tymi 1875 watami coś musi się stać. Niezależnie od tego, co będzie się działo wewnątrz pojemnika, jeśli suszarka pracuje z mocą 1875 watów, 1875 watów gdzieś w końcu musi popłynąć.

Dotyczy to wszystkich urządzeń elektrycznych – i jest to bardzo przydatna informacja. Ludzie boją się na przykład zostawiać ładowarki podłączone do prądu, ponieważ sądzą, że pobierają one prąd. Czy mają rację? Analiza przepływu ciepła zgodna z zasadą opartą na praktyce mówi: jeśli zwykła podłączona do kontaktu ładowarka nie jest ciepła, to znaczy, że pobiera prąd kosztujący kilka groszy przez cały dzień, a mała ładowarka do smartfona pobiera prąd za kilka groszy przez **cały rok**. Dotyczy to prawie wszystkich urządzeń elektrycznych [31].

Wróćmy do naszego pojemnika. Ciepło będzie płynąć z suszarki do jego wnętrza. Jeśli założymy, że suszarka jest niezniszczalna, wnętrze pojemnika będzie się nagrzewać tak długo, aż jego zewnętrzna powierzchnia osiągnie temperaturę 60°C (140°F). Od tego momentu pojemnik będzie tracić tyle samo ciepła na zewnątrz, co suszarka będzie mu dostarczać od środka, i cały układ pozostanie w równowadze.

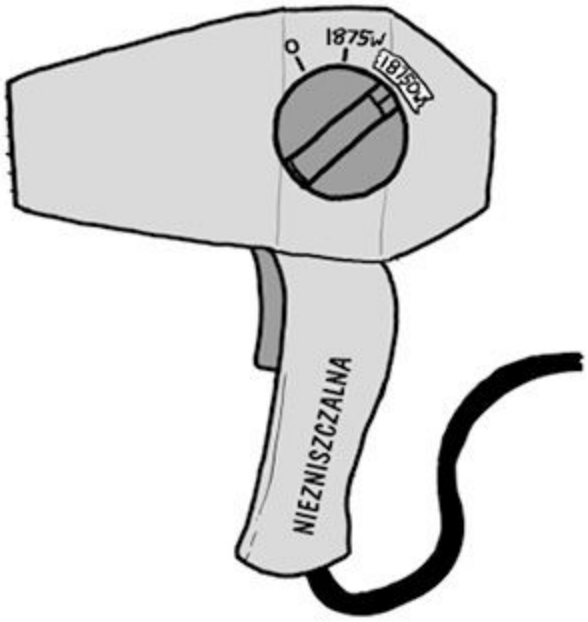
Jest cieplejszy od moich rodziców! To moi nowi rodzice.

Temperatura równowagi będzie nieznacznie niższa, jeśli będzie wiał wiatr lub pojemnik zostanie umieszczony na mokrej lub metalowej powierzchni, dobrze odprowadzającej ciepło.

Jeśli pojemnik będzie wykonany z metalu, nagrzeje się dostatecznie mocno, żeby po kilkusekundowym dotknięciu oparzyć nam rękę. Drewnianego pojemnika można będzie prawdopodobnie bezpiecznie dotykać przez dłuższy czas, istnieje jednak ryzyko, że po kontakcie jakiejś jego części z dyszą suszarki stanie on w ogniu.

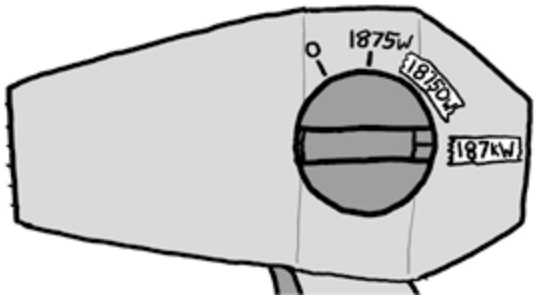
We wnętrzu pojemnika będzie gorąco jak w piecu. Temperatura będzie zależała od grubości ścianek; im będą grubsze i lepiej izolujące, tym będzie ona wyższa. Ścianki nie muszą być wcale bardzo grube, by temperatura wewnątrz pojemnika doprowadziła do spłonięcia suszarki.

Załóżmy jednak, że nasza suszarka jest niezniszczalna. Jeśli mamy coś tak fajnego jak niezniszczalna suszarka do włosów, szkoda byłoby ograniczać jej moc do 1875 watów.



Jeśli suszarka będzie pracować z mocą 18 750 watów, zewnętrzna powierzchnia pojemnika osiągnie temperaturę ponad 200°C (392°F), czyli tyle, ile rondel podgrzewany na małym ogniu.

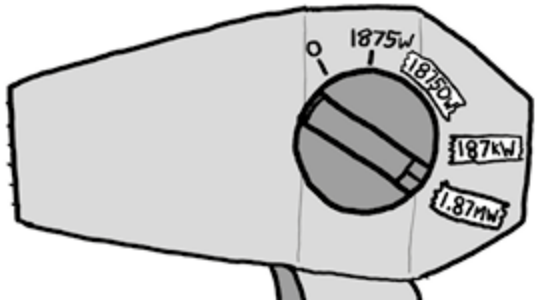
Ciekawe, gdzie kończy się skala.



Na skali pozostało niepokojąco dużo miejsca.

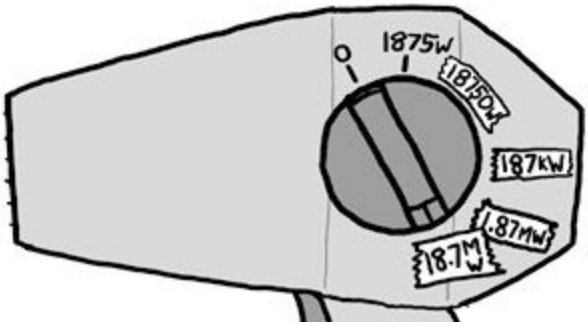
Zewnętrzna powierzchnia pojemnika osiąga 600°C i żarzy się bladoczerwono.

Jeśli pojemnik zrobiony będzie z aluminium, jego wewnętrzna powierzchnia zacznie się topić, a jeśli z ołowiu, stopi się jego powierzchnia zewnętrzna. Jeśli postawimy nasz pojemnik na drewnianej podłodze, cały dom stanie w płomieniach. Jednak to, co się dzieje wokół suszarki, jest nieistotne, gdyż jest ona przecież niezniszczalna.



Laser zasilany dwoma megawatami jest w stanie niszczyć rakiety. Pojemnik ogrzany do 1300°C ma teraz w przybliżeniu temperaturę lawy.

Kolejny obrót pokrętła…

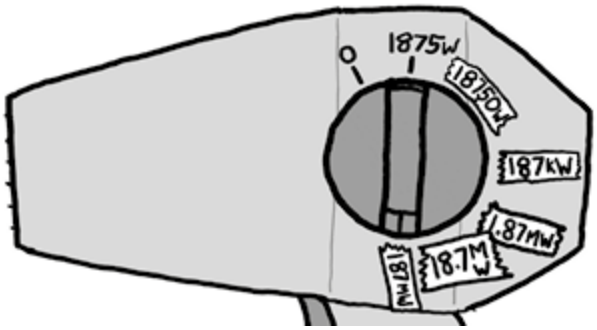


Ta suszarka prawdopodobnie nie ma homologacji.

Do pojemnika płynie teraz moc 18 megawatów.

Zewnętrzna powierzchnia pojemnika osiąga 2400°C. Gdyby był wykonany ze stali, już by się stopił, a jeśli z czegoś takiego jak wolfram, to niewykluczone, że wytrzymałby trochę dłużej.

Jeszcze jeden obrót pokrętła i kończymy.

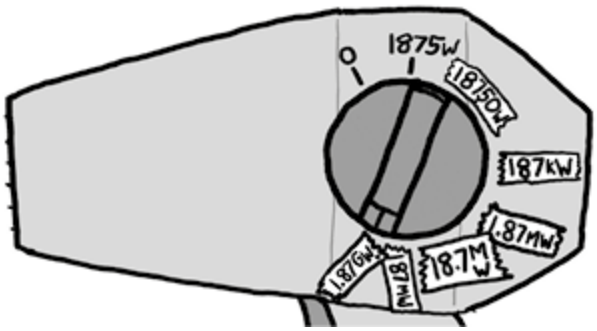


Taka moc – 187 megawatów – wystarczy, żeby pojemnik zaczął świecić na biało. W takich warunkach zdołają przetrwać tylko nieliczne materiały, musimy więc założyć, że również nasz pojemnik jest niezniszczalny.

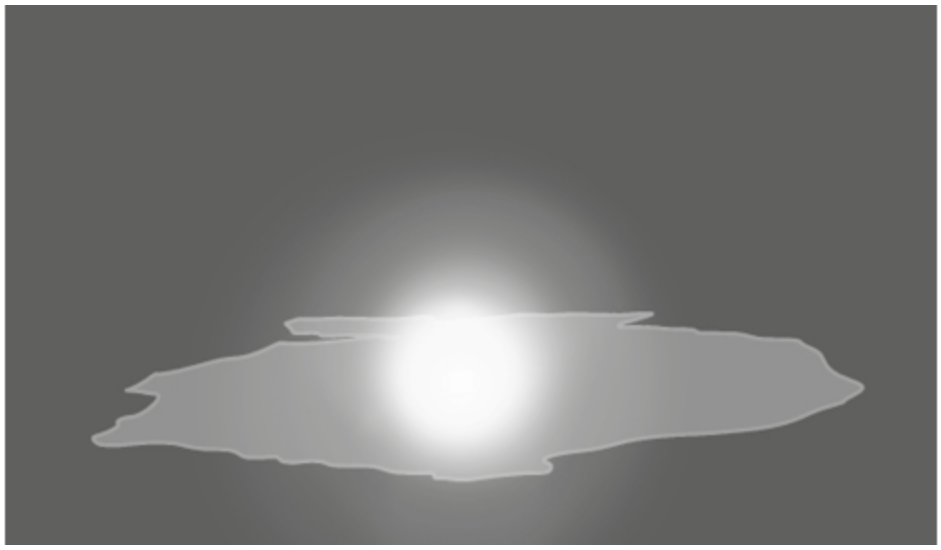
Podłoga zrobiona z lawy.

Niestety, podłoga nie jest z lawy.

Zanim pojemnik się przez nią przebije, rzućmy pod niego balon wypełniony wodą. Wybuch pary wodnej wyrzuci pojemnik przez drzwi wejściowe na chodnik [32].



Teraz mamy 1,875 gigawata (Mówiłem, że już kończymy? Kłamałem). Według twórców filmu *Powrót do przyszłości* suszarka do włosów ma teraz wystarczającą moc, aby przenosić się w czasie.



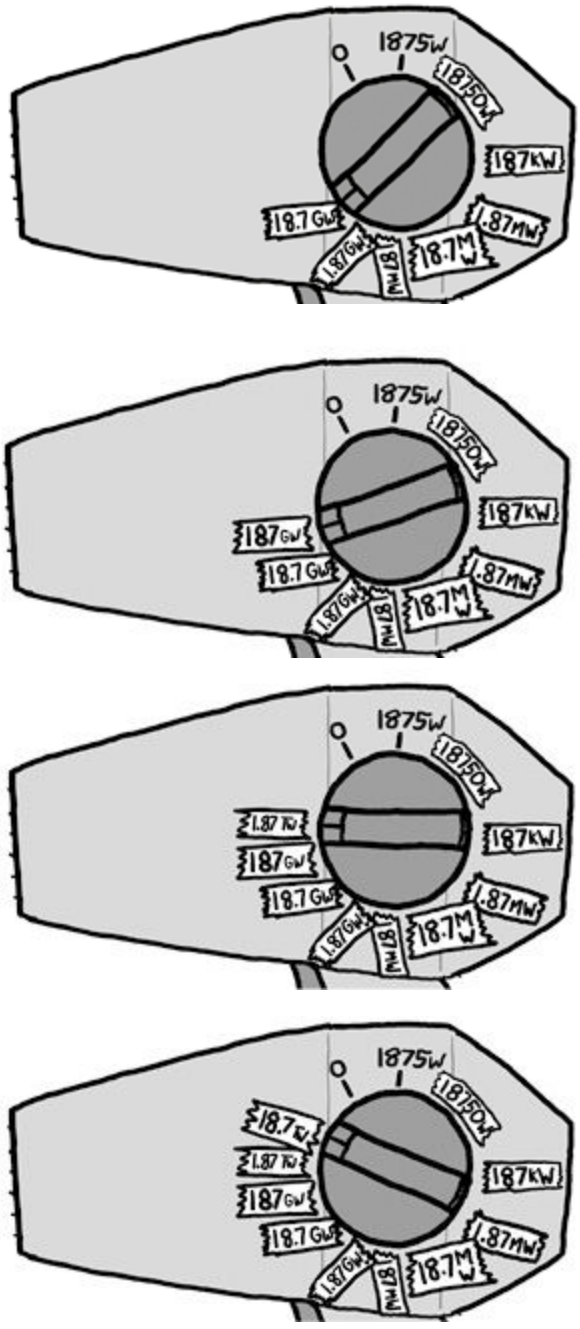
Pojemnik jest oślepiająco jasny, z powodu straszliwego gorąca nie można się do niego zbliżyć na odległość mniejszą niż kilkaset metrów. Znajduje się on w samym środku powiększającego się jeziora lawy. Wszystko w promieniu 50–100 metrów od pojemnika staje w płomieniach. Kolumna ognia i dymu unosi się wysoko w górę. Cykliczne wybuchy gazu pod pojemnikiem podrzucają go w powietrze, a w miejscu jego lądowania pojawiają się ogień i nowe jezioro lawy.

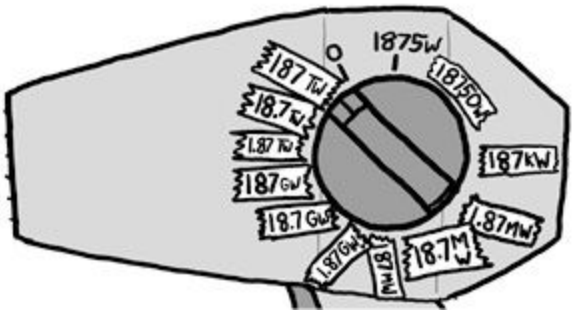
Kolejny obrót pokrętła…

Przy 18,7 gigawata mocy warunki wokół pojemnika są zbliżone do tych panujących przy wyrzutni podczas startu promu kosmicznego. Cały pojemnik wstrząsany jest wytworzonymi przez siebie ruchami powietrza.

W roku 1914 H.G. Wells wyobraził sobie podobne urządzenia w książce *The World Set Free*. Opisał w niej rodzaj bomby, która nie wybucha raz, ale **bezustannie** – takie płonące piekło wywołujące niemożliwe do opanowania pożary w centrach miast. Opowieść ta w niesamowity sposób zapowiadała pojawienie się 30 lat później broni jądrowej.

Pojemnik unosi się teraz w powietrzu. Za każdym razem gdy zbliża się do Ziemi, przegrzewa jej powierzchnię, a chmura rozszerzającego się powietrza wyrzuca pojemnik z powrotem w niebo.





1,875 terawata mocy daje taki sam efekt jak wybuchający **co sekundę** kawał trotylu wielkości domu.

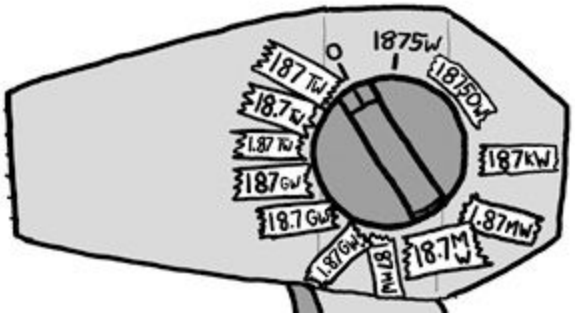
Po okolicy wędruje pasmo burz ogniowych – potężnych pożarów podtrzymywanych przez własne prądy powietrzne.

Nowy kamień milowy: to niewiarygodne, ale nasza suszarka do włosów zużywa teraz więcej energii niż wszystkie urządzenia elektryczne na Ziemi razem wzięte.

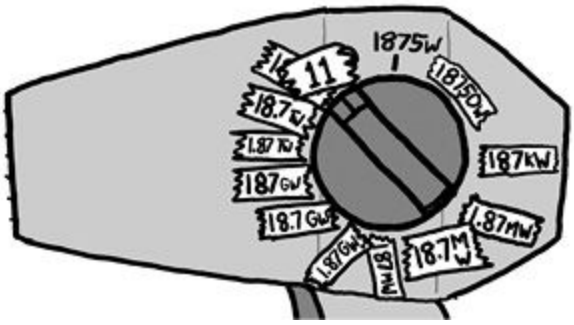
Unoszący się wysoko nad powierzchnią pojemnik oddaje **w każdej sekundzie** energię odpowiadającą trzem testom nuklearnym Trinity.

Na tym etapie sprawa jest oczywista. To diabelstwo będzie tak długo hasać w atmosferze ziemskiej, aż zniszczy całą naszą planetę.

Spróbujmy zrobić coś innego. Kiedy pojemnik będzie przelatywał nad północną Kanadą, przekręćmy pokrętło na zero. Schłodzi się on gwałtownie i popędzi w kierunku Ziemi, by wylądować w pióropuszu pary wodnej w Wielkim Jeziorze Niedźwiedzim.



A potem…



Teraz mamy już 11 petawatów mocy.

Krótka historia

Oficjalny rekord prędkości obiektu zbudowanego przez człowieka należy do sondy kosmicznej Helios 2, która podczas przelotu w pobliżu Słońca osiągnęła 70 kilometrów na sekundę. Być może jednak aktualną rekordzistką jest pewna ważąca dwie tony pokrywa włazu.

Została ona umieszczona w ramach operacji Plumbbob na szczycie szybu poligonu podziemnych prób jądrowych ośrodka Los Alamos. W chwili wybuchu ładunku o mocy jednej kilotony szyb zamienił się w jądrową armatę do strzelania ziemniakami, a pokrywa dostała gigantycznego kopniaka. Skierowane w to miejsce oko szybkiej kamery uchwyciło lecącą do góry pokrywę tylko na jednej klatce – co oznacza, że musiała się ona poruszać z prędkością co najmniej 66 kilometrów na sekundę. Pokrywy nigdy nie odnaleziono.

Wymieniona powyżej prędkość jest sześć razy większa od prędkości ucieczki z powierzchni Ziemi, ale wbrew temu, co się spekuluje, jest mało prawdopodobne, aby pokrywa dotarła do przestrzeni kosmicznej. Z przybliżeń funkcji oporu według prawa Newtona wynika, że uległa ona zniszczeniu w atmosferze ziemskiej albo spadła z powrotem na Ziemię.

Jeśli ponownie włączymy suszarkę do włosów, nasz reaktywowany pojemnik kołyszący się w wodach jeziora zostanie poddany podobnemu

procesowi. Znajdująca się poniżej podgrzana para wodna rozszerzy się, pojemnik wzniesie się w powietrze, a cała powierzchnia jeziora zamieni się w parę. Podgrzewana przez strumień promieniowania para przejdzie w stan plazmy, zwiększając coraz bardziej prędkość pojemnika.

Zdjęcie dzięki uprzejmości komandora Hadfielda.

Pojemnik nie zderzy się z atmosferą (tak jak pokrywa włazu), będzie raczej szybować w bąblu rozszerzającej się plazmy i napotykać niewielki opór. Po opuszczeniu atmosfery ziemskiej stopniowo przeobrazi się w locie z „drugiego słońca” w „mglistą gwiazdę”. Większa część Terytoriów Północno-Zachodnich spłonie, ale Ziemia ocaleje.

Niektórzy mogą jednak gorzko tego żałować.

Dziwne (i niepokojące) pytania z What if? Skrzynka odbiorcza nr 2

Czy zrzucenie antymaterii na reaktor w Czarnobylu podczas topnienia jego rdzenia zatrzymałoby ten proces?

A.J.

A.J., W UZNANIU TWOICH WYSIŁKÓW NA RZECZ RATOWANIA CZARNOBYLA PRZYZNAJEMY CI NAGRODĘ W KATEGORII „NA BOGA, CO MIAŁEŚ NA MYŚLI?!".
MA ONA KSZTAŁT KASETY VHS Z FILMEM „STAR WARS HOLIDAY SPECIAL".

Czy możemy tak długo płakać, aż się odwodnimy?

Karl Wildermuth

...KARL, WSZYSTKO Z TOBĄ W PORZĄDKU?

Ostatnie światło ludzkości

Jak długo paliłoby się ostatnie sztuczne światło, gdyby cała ludzkość po prostu zniknęła z powierzchni Ziemi?

ALAN

MOŻNA BY WSKAZAĆ wielu kandydatów do tytułu: „Ostatnie światło”.

Znakomita książka Alana Weismana *Świat bez nas* dokładnie opisuje, co stałoby się z domami, drogami, drapaczami chmur, gospodarstwami rolnymi i zwierzętami, gdyby cała ludzkość nagle zniknęła. Serial telewizyjny *Życie po zagładzie ludzi* zajmuje się tym samym tematem. Ani książka, ani serial nie dają jednak odpowiedzi na tak postawione pytanie.

Zacznijmy od rzeczy oczywistych: większość świateł nie paliłaby się długo, ponieważ główne sieci energetyczne dość szybko przestałyby działać. Elektrownie na paliwa kopalne, wytwarzające większość światowej energii elektrycznej, potrzebują ciągłych dostaw paliwa, a proces ten wymaga podejmowania decyzji przez ludzi.

4 SIERPNIA 2017 ROKU SKYNET PRZEJĄŁ W INTERNECIE KONTROLĘ NAD ZAKUPAMI PALIWA DO NASZYCH ELEKTROWNI.
29 SIERPNIA SKYNET STAŁ SIĘ W PEŁNI ŚWIADOMY I PODJĄŁ DECYZJĘ O ZNISZCZENIU LUDZKOŚCI.
NA SZCZĘŚCIE JEDYNE, CO MÓGŁ ZROBIĆ, TO PRZESTAĆ KUPOWAĆ PALIWO.
I W KOŃCU KTOŚ GO WYŁĄCZYŁ.
NO CÓŻ...

Bez ludzi na Ziemi zmniejszyłoby się zapotrzebowanie na energię elektryczną, ale termostaty nadal by pracowały. Elektrownie węglowe i olejowe przestałyby pracować w ciągu kilku godzin, inne potrzebowałyby trochę więcej czasu. Taka sytuacja nie jest łatwa do opanowania nawet wtedy, gdy systemem zarządzają ludzie. W rezultacie nastąpiłaby więc seria kaskadowych awarii, skutkująca wyłączeniem wszystkich głównych sieci energetycznych.

Duża ilość energii elektrycznej pochodzi jednak ze źródeł niepowiązanych z głównymi sieciami energetycznymi. Przyjrzyjmy się im i zobaczmy, kiedy przestałyby dostarczać prąd.

Generatory dieslowe

Wiele społeczności zamieszkujących na przykład odległe wyspy czerpie energię elektryczną z generatorów dieslowych. Działają one dopóty, dopóki nie zabraknie paliwa; w większości przypadków może to trwać wiele dni, a nawet miesięcy.

Elektrownie geotermalne

Elektrownie, które nie potrzebują ludzi do uzupełniania paliwa, poradziłyby sobie lepiej. Elektrownie geotermalne, zasilane ciepłem wewnętrznym Ziemi, przez jakiś czas mogłyby działać bez ingerencji człowieka. Według instrukcji obsługi elektrowni geotermalnej Svartsengi w Islandii jej operatorzy muszą co pół roku wymieniać olej w przekładni i smarować wszystkie silniki elektryczne oraz łożyska. Bez takich czynności wykonywanych przez ludzi niektóre elektrownie mogłyby działać nawet przez kilka lat.

Turbiny wiatrowe

Elektrownie korzystające z energii na pewno nie przestałyby działać w krótkim czasie. Turbiny zaprojektowano w taki sposób, żeby nie wymagały ciągłej obsługi. Powód jest bardzo prosty: jest ich wiele i niełatwo się na nie wspiąć.

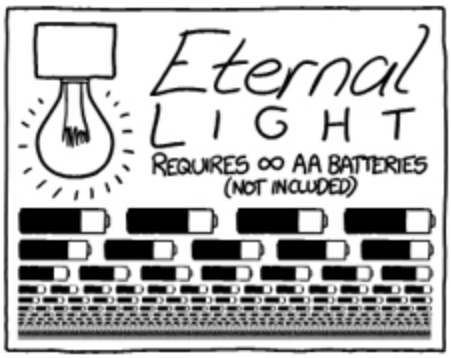
Niektóre wiatraki mogą działać przez długi czas bez ingerencji człowieka. Turbina wiatrowa w Gedser w Danii została zbudowana w końcu lat pięćdziesiątych XX wieku i przez 11 lat wytwarzała energię elektryczną bez jakiejkolwiek obsługi. Nowoczesne turbiny są zazwyczaj zaprojektowane na 30 tysięcy godzin (prawie 3,5 roku) pracy bez obsługi technicznej i niektóre z nich będą niewątpliwie działać przez dziesiątki lat. Znajdą się wśród nich z pewnością i takie, które wyposażono przynajmniej w diodę LED stanu. W końcu większość turbin wiatrowych zatrzyma się z tego samego powodu co elektrownie geotermalne: ich przekładnie zwyczajnie odmówią posłuszeństwa.

Tamy hydroelektryczne

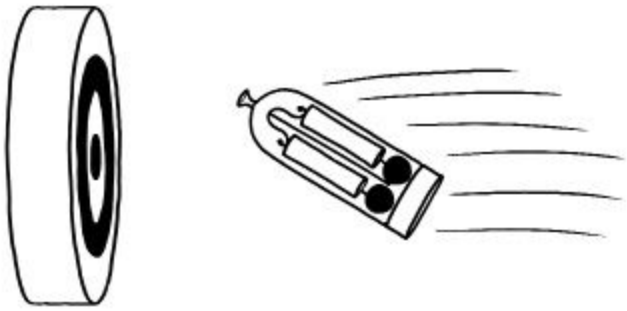
Generatory zamieniające energię spadającej wody w energię elektryczną także mogłyby działać przez jakiś czas. W programie *Życie po zagładzie ludzi* na kanale History operator Zapory Hoovera stwierdził, że na autopilocie działałyby ona przez kilka lat bez obsługi i stanęłaby prawdopodobnie w wyniku zatkania dopływów wody lub usterki mechanicznej podobnej do tej, która unieruchomiłaby turbiny wiatrowe oraz elektrownie geotermalne.

Baterie

Oświetlenie zasilane bateriami przestanie działać po 10 lub 20 latach. Baterie stopniowo same się rozładowują, nawet jeśli nie dostarczają prądu żadnemu odbiornikowi. Niektóre są bardziej długowieczne, ale nawet te z długim okresem trwałości zachowują swoje właściwości tylko przez 10 do 20 lat.



Od tej reguły są jednak wyjątki. W Laboratorium Clarendon na Uniwersytecie Oksfordzkim znajduje się zasilany baterią dzwon, który działa od 1840 roku. „Dzwoni” on tak cicho, że prawie go nie słychać, i wykorzystuje tylko niewielki ładunek elektryczny na każdy ruch swojego serca. Nikt nie wie dokładnie, jaki rodzaj baterii zasila dzwon, ponieważ nie ma chętnych, aby rozłożyć go na części.

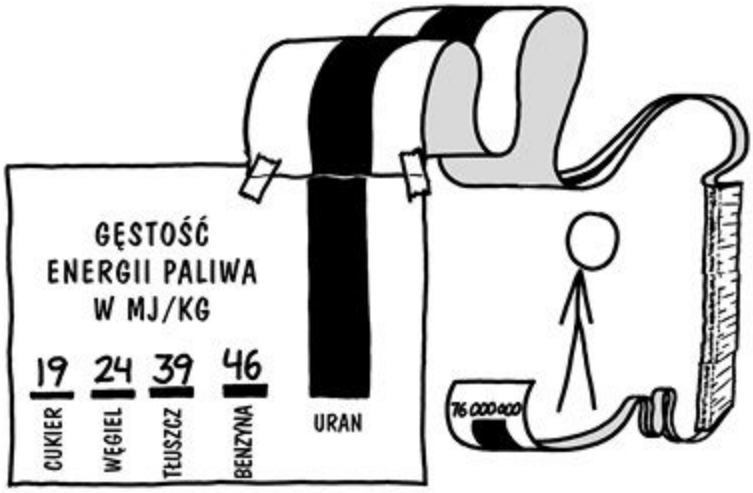


FIZYCY Z CERN BADAJĄ DZWON Z OKSFORDU.

Niestety, do tej baterii nie jest podłączone żadne oświetlenie.

Reaktory jądrowe

Reaktory jądrowe są trochę skomplikowane. Jeśli nastawimy je na niski poziom zasilania, mogą pracować prawie bez końca – tak wysoka jest gęstość energii ich paliwa. Pewien rysownik komiksów internetowych przedstawił to tak:



Niestety, nawet przy wystarczającej ilości paliwa reaktory nie będą długo pracować. Gdy tylko coś zacznie działać nieprawidłowo, zostaną automatycznie wyłączone. Nastąpiłoby to dość szybko, a wśród wielu przyczyn zastosowania takiej procedury najbardziej prawdopodobną byłaby utrata zasilania zewnętrznego.

Może się wydawać dziwne, że reaktor wymaga zasilania zewnętrznego, ale każdy element systemu kontrolnego jest zaprogramowany w taki sposób, aby ewentualna usterka powodowała jego szybkie wyłączenie (SCRAM) [33]. Gdy zewnętrzna elektrownia przestanie pracować lub zabraknie paliwa w znajdujących się na miejscu generatorach awaryjnych i w związku z tym zabraknie zasilania zewnętrznego, reaktor zostanie poddany procedurze wygaszania łańcuchowej reakcji rozszczepienia (SCRAM).

Sondy kosmiczne

Ze wszystkich wytworów człowieka najdłużej mogłyby przetrwać statki kosmiczne. Orbity, po jakich się poruszają, istniałyby przez miliony lat, chociaż ich zasilanie elektryczne w większości przypadków by wysiadło.

Po upływie stuleci nasze marsjańskie łaziki pokryłyby się pyłem. Do tego czasu wiele sztucznych satelitów spadłoby z powrotem na Ziemię z powodu zaburzenia orbit. Krążące dalej od Ziemi satelity GPS przetrwałyby dłużej, ale z czasem nawet ich najbardziej stabilne orbity zostałyby zaburzone przez Księżyc i Słońce.

Wiele statków kosmicznych czerpie energię ze Słońca dzięki panelom słonecznym, inne natomiast z rozpadu promieniotwórczego. Marsjański łazik Curiosity zasilany jest ciepłem z bryły plutonu znajdującej się w pojemniku umieszczonym na końcu pręta.

Curiosity mógłby czerpać energię elektryczną z radioizotopowego generatora termoelektrycznego (RTG) przez ponad 100 lat. W końcu napięcie stałoby się zbyt niskie, aby łazik mógł działać, przy czym inne jego elementy prawdopodobnie zużyłyby się znacznie wcześniej.

Przypadek Curiosity brzmi zatem obiecująco. Istnieje jednak pewien problem: łazik nie ma świateł.

Curiosity **posiada** oświetlenie używane do podświetlania próbek i do przeprowadzania spektroskopii. Włączane jest ono jednak tylko podczas wykonywania pomiarów i bez sygnału danego przez operatora nie będzie działać.

Bezzałogowy statek kosmiczny nie potrzebuje wielu świateł. Sonda Galileo, w latach dziewięćdziesiątych XX wieku badająca Jowisza,

wyposażona była w kilka lampek LED w mechanizmie urządzenia rejestrującego parametry lotu. Nie emitowały one światła widzialnego, tylko podczerwone, więc nazywanie ich „światłami” byłoby trochę na wyrost. Poza tym Galileo została w 2003 roku celowo rozbita o powierzchnię Jowisza [34].

Inne statki kosmiczne wyposażone są w diody LED. Niektóre satelity GPS używają ultrafioletowych lamp LED, czerpiących energię z paneli słonecznych, do kontroli stanu ładowania niektórych urządzeń. Teoretycznie mogą one działać dopóty, dopóki świeci Słońce. Niestety, większość z nich nie przetrwa nawet tyle czasu co Curiosity – zostaną zniszczone w wyniku uderzeń kosmicznych odłamków.

Panele słoneczne znajdują jednak zastosowanie nie tylko w Kosmosie.

Energia słoneczna

Telefony awaryjne znajdujące się przy odludnych drogach są często zasilane energią słoneczną.

Zwykle wyposażone są w oświetlenie działające nocą.

Panele słoneczne, podobnie jak turbiny wiatrowe, są kłopotliwe w konserwacji, dlatego też konstruuje się je w taki sposób, aby przetrwały jak najdłużej. Jeśli panele są wolne od pyłu i osadów, będą działać tak długo jak podłączony do nich sprzęt elektroniczny.

Przewody i układy elektryczne paneli ulegną w końcu korozji, ale jeśli cały układ jest umieszczony w suchym miejscu, a elektronika jest wysokiej jakości, nawet przez sto lat bez problemu będą dostarczać energię elektryczną. Muszą być jednak od czasu do czasu oczyszczane z pyłu przez powiewy wiatru lub deszcz.

Jeśli będziemy ściśle trzymać się definicji oświetlenia, umieszczone na odludziu lampy zasilane energią słoneczną mogłyby być ostatnim źródłem sztucznego światła na bezludnej Ziemi [35].

Jednak w tym konkursie jest jeszcze jeden kandydat do zwycięstwa – i jest to bardzo dziwny zawodnik.

Promieniowanie Czerenkowa

Promieniowanie zwykle jest niewidzialne.

MÓJ ZEGAREK JUŻ NIE ŚWIECI.
CZAS PŁYNIE, NAWET RAD SIĘ WYPALIŁ.
TO ZEGAREK Z KALKULATOREM Z 1991 ROKU.
PO PROSTU WYCZERPAŁA MU SIĘ BATERIA.
...WSZYSTKO JEDNO. TO WINA CZASU.

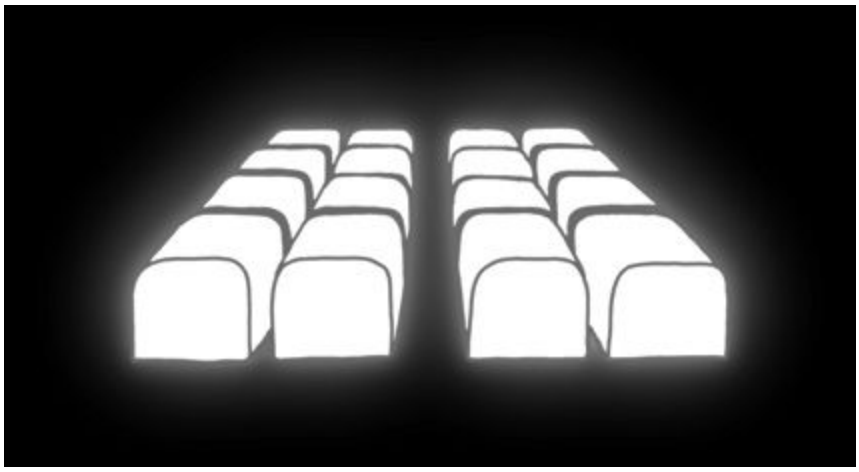
Niegdyś tarcze zegarów pokrywane były radem i jarzyły się w ciemności. Poświata nie pochodziła jednak z samej radioaktywności, ale z farby fluoroscencyjnej, którą pokryty był rad. Jarzyła się ona pod wpływem promieniowania. Z czasem farba niszczała i chociaż tarcze zegarów wciąż są radioaktywne, nie świecą już w ciemności. Jednak te tarcze nie są jedynym radioaktywnym źródłem światła.

Gdy cząstki promieniotwórcze przechodzą przez substancje w rodzaju wody lub szkła, mogą emitować światło w formie optycznego gromu dźwiękowego. Światło to nazywane jest promieniowaniem Czerenkowa i jest widoczne jako charakterystyczna niebieska poświata rdzeni reaktorów jądrowych.

Niektóre odpady promieniotwórcze, takie jak cez-137, są stapiane i mieszane ze szkłem, a następnie schładzane do postaci twardej bryły. Może ona być dodatkowo ekranowana, aby zapewnić bezpieczny transport i magazynowanie. W ciemności owe szklane bryły jarzą się na niebiesko.

Okres połowicznego rozpadu cezu-137 wynosi 30 lat, co oznacza, że po dwóch stuleciach będzie się on wciąż żarzył z intensywnością na poziomie jednego procenta pierwotnego promieniowania. Ponieważ barwa światła zależy tylko od energii rozpadu, a nie od ilości promieniowania, bryła zachowa tę samą niebieską barwę, która z czasem będzie blaknąć.

W ten oto sposób uzyskaliśmy odpowiedź na nasze pytanie: upłyną wieki, a głęboko w betonowych kryptach wciąż będą świecić nasze najbardziej toksyczne odpady.



Plecak odrzutowy z karabinu maszynowego

Czy strzelające w dół karabiny maszynowe mogą działać jak plecak odrzutowy?

ROB B

BYŁEM TROCHĘ zdziwiony, gdy okazało się, że tak. Aby zrobić to dobrze, trzeba by pogadać z Rosjanami.

Zasada działania jest w tym przypadku raczej prosta. Kiedy strzelamy do przodu, odrzut pcha nas do tyłu. Gdybyśmy więc strzelali w dół, odrzut powinien wypchnąć nas do góry.

Pierwsze pytanie, jakie musimy sobie zadać, brzmi: „Czy karabin jest w stanie unieść choćby własną masę?”. Jeśli karabin maszynowy waży 4,5 kilograma, a siła odrzutu wywołanego strzałem uniosłaby tylko nieco ponad 3,5 kilograma, nie będzie on w stanie wznieść się do góry, nie mówiąc już o uniesieniu człowieka.

W mechanice stosunek ciągu pojazdu do jego ciężaru jest nazywany stosownie **współczynnikiem ciągu do ciężaru**. Jeśli wynosi on mniej niż

jeden, pojazd nie będzie mógł wystartować. W rakiecie Saturn V współczynnik ten wynosił około 1,5.

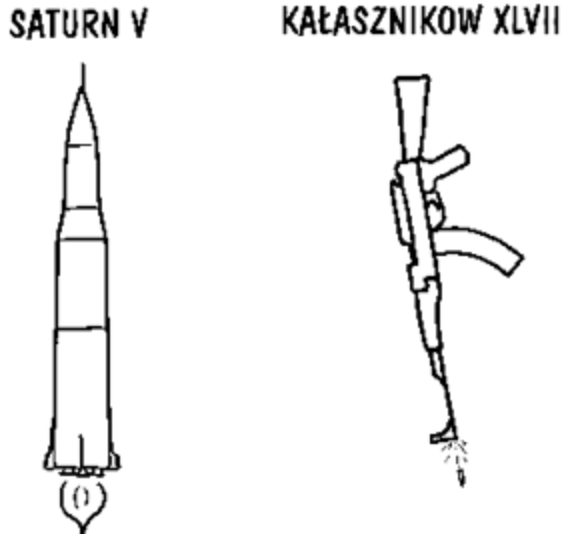
Mimo że wychowywałem się na południu USA, nie znam się na broni. Po pomoc w uzyskaniu odpowiedzi na to pytanie zwróciłem się więc do mojego znajomego z Teksasu [36].

Uwaga: proszę, BARDZO PROSZĘ, nie próbujcie robić tego w domu.

Okazuje się, że w przypadku karabinu AK-47 współczynnik ciągu do ciężaru wynosi około dwóch. Oznacza to, że jeśli postawimy karabin na końcu lufy i w jakiś sposób naciśniemy spust, AK-47 wzniesie się w chwili strzału.

Nie dzieje się tak jednak ze wszystkimi karabinami maszynowymi. Na przykład M60 prawdopodobnie nie miałby wystarczająco dużej siły odrzutu, aby się unieść.

Siła ciągu rakiety lub strzelającego karabinu maszynowego zależy od tempa wyrzucania masy i prędkości, z jaką ją wyrzucamy. Ciąg jest iloczynem tych dwóch wartości:



ciąg = tempo wyrzucania masy × prędkość wyrzutu

Jeśli AK-47 wystrzeliwuje dziesięć 8-gramowych kul z prędkością 715 metrów na sekundę, jego ciąg wynosi:

$$10 \frac{\text{kul}}{\text{sekundę}} \times 8 \frac{\text{gramów}}{\text{kulę}} \times 715 \frac{\text{metrów}}{\text{sekundę}} = 57{,}2\ \text{N} \approx 5{,}8\ \text{kg} \times \text{g}^{1}$$

Ponieważ załadowany AK-47 waży tylko 4,8 kilograma, powinien być w stanie unieść się nad ziemię i przyśpieszać pionowo w górę.

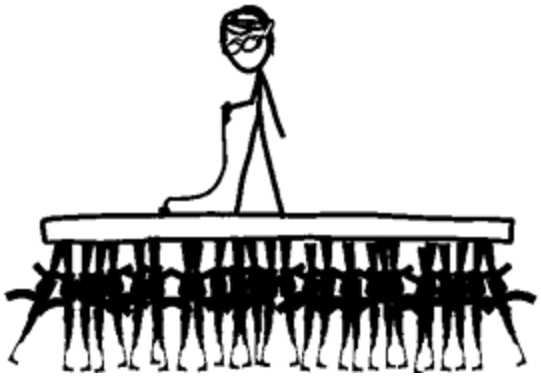
W praktyce rzeczywisty ciąg byłby około 30 procent większy. Wynika to z tego, że karabin nie wyrzuca wyłącznie pocisków, ale także gorący gaz i resztki materiału wybuchowego. Wartość tej dodatkowej siły zależy od rodzaju broni i amunicji.

Całkowita wydajność zależy także od tego, czy po drodze pozbywamy się łusek, czy zabieramy je ze sobą. Poprosiłem moich znajomych z Teksasu, żeby zważyli trochę łusek do moich obliczeń, ale nie mogli znaleźć wagi. Grzecznie zasugerowałem, że biorąc pod uwagę rozmiary ich arsenału, powinni znać **kogoś**, kto taką wagę posiada [37].

No cóż, AK-47 wystartowałby, ale nie miałby wystarczająco dużego ciągu, aby unieść coś cięższego od dużej wiewiórki.

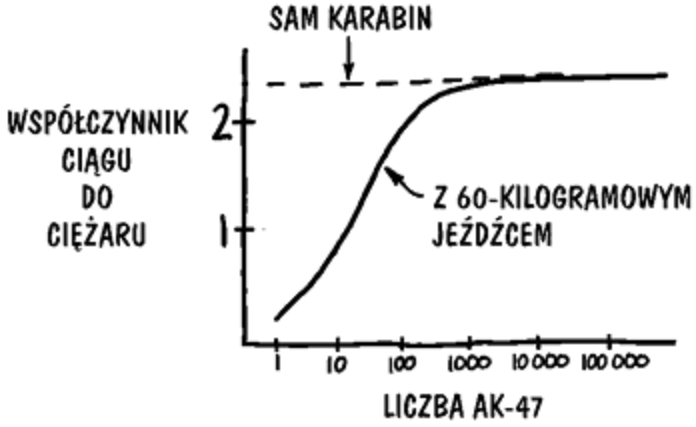
Możemy zatem spróbować użyć wielu karabinów. Jeśli wystrzelimy w kierunku ziemi z dwóch karabinów, podwoimy siłę ciągu. A skoro każdy karabin może podnieść ponad dwa kilogramy więcej, niż wynosi jego masa, dwa wyniosą w górę ponad cztery kilogramy.

Na tym etapie jest już jasne, dokąd zmierzamy:



Jeśli karabinów będzie wystarczająco dużo, masa pasażera przestanie mieć znaczenie. Rozłoży się ona na tak znaczną liczbę sztuk broni, że będzie to miało znikomy wpływ na pojedynczy karabin. Ponieważ cały nasz pojazd będzie zbudowany z wielu sztuk broni ustawionych równolegle, w miarę wzrostu liczby karabinów wartość współczynnika ciągu do ciężaru będzie zbliżona do tego dla pojedynczej, nieobciążonej sztuki broni.

Jest tylko jeden problem: amunicja.



Magazynek AK-47 mieści 30 sztuk nabojów. Jeśli strzelalibyśmy z prędkością 10 pocisków na sekundę, uzyskalibyśmy przyśpieszenie trwające marne trzy sekundy.

Możemy jednak ten wynik poprawić, jeśli zwiększymy magazynek – ale tylko do pewnego momentu. Okazuje się, że zastosowanie magazynka o pojemności większej niż 250 nabojów nie daje już żadnych korzyści. Powodem jest zasadniczy problem, częsty w technice rakietowej: paliwo czyni rakietę cięższą. Każdy pocisk waży osiem gramów, a cały nabój ponad 16 gramów. Gdybyśmy mieli ich ponad 250, nasz AK-47 byłby zbyt ciężki, aby wystartować.

Wynika z tego, że optymalny pojazd powinien się składać z dużej liczby AK-47 (minimum 25, lecz idealnie z przynajmniej 300), z których każdy miałby magazynek wypełniony 250 nabojami. Największa wersja takiego pojazdu mogłaby się rozpędzić do prędkości prawie 100 metrów na sekundę i unieść w powietrze na wysokość ponad pół kilometra.

Znamy więc już odpowiedź na pytanie Roba. Gdybyśmy mieli wystarczająco dużo karabinów maszynowych, moglibyśmy latać. Jednak nasza instalacja wykonana z wielu AK-47 zdecydowanie nie jest praktycznym plecakiem odrzutowym. Czy można zrobić to lepiej?

Moi znajomi z Teksasu zaproponowali inne modele karabinów maszynowych, a ja wykonałem kolejne obliczenia. Niektóre rodzaje broni radziły sobie całkiem dobrze: MG-42, cięższy karabin maszynowy, ma współczynnik ciągu do ciężaru nieznacznie większy niż AK-47.

Potem moglibyśmy się wziąć za coś większego. GAU-8 Avenger wystrzeliwuje do 60 prawie półkilogramowych pocisków na **sekundę**. Wytwarza przy tym pięciotonową siłę odrzutu – istne wariactwo, zwłaszcza że samolot, na którym się go montuje (A-10 Warthog), ma dwa silniki dające tylko cztery tony siły ciągu każdy. Gdybyśmy zamontowali takie dwa działka na samolocie i jednocześnie strzelali z nich do przodu przy silnikach włączonych na maksimum mocy, broń wygrałaby tę rywalizację i przyśpieszalibyśmy do tyłu.

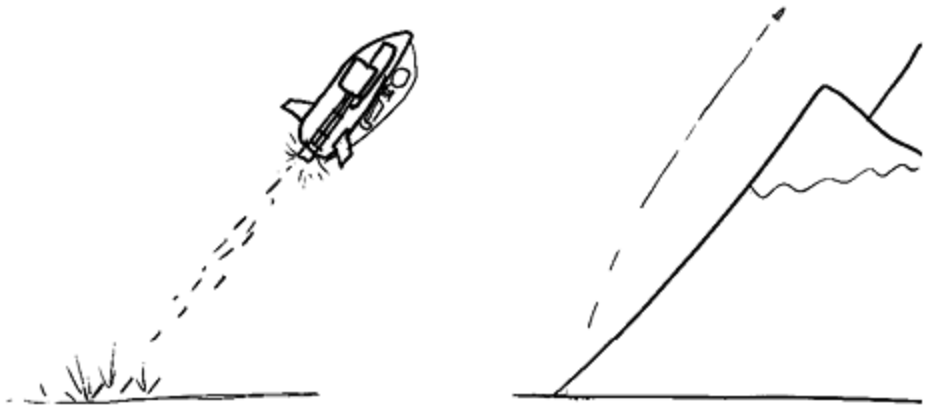
Przedstawmy to jeszcze inaczej: gdybym przymocował GAU-8 do mojego pozostawionego na luzie samochodu i zaczął strzelać do tyłu, przekroczyłbym ograniczenie prędkości obowiązujące na autostradzie w mniej niż **trzy sekundy**.

Niezależnie od tego, jak nasz GAU-8 sprawdziłby się jako silnik do plecaka odrzutowego, Rosjanie mają coś, co działa jeszcze lepiej. Działko Grazjew-Szipunow GSz-6-30 waży połowę tego co GAU-8 i jest jeszcze bardziej szybkostrzelne. Jego współczynnik ciągu do ciężaru wynosi prawie 40, co oznacza, że gdybyśmy skierowali takie działko w stronę ziemi i zaczęli strzelać, nie tylko gwałtownie uniosłoby się ono w powietrze, siejąc śmiercionośnymi odłamkami, ale też doświadczylibyśmy przy okazji przeciążenia równego 40 g.

To stanowczo za dużo. W rzeczywistości, nawet gdyby działko było solidnie przymocowane do samolotu, problemem było przyspieszenie.

> Odrzut (…) może mimo wszystko doprowadzić do uszkodzenia samolotu. Szybkostrzelność została ograniczona do 4 tysięcy pocisków na minutę, ale niewiele to zmieniło. Reflektory lądowania były prawie zawsze uszkodzone po strzelaniu. Wystrzelenie serii ponad 30 pocisków groziło problemami związanymi z przegrzewaniem…
>
> Greg Goebel, airvectors.net

Gdyby jednak w jakiś sposób udało się odpowiednio przygotować człowieka i wzmocnić pojazd tak, aby wytrzymał przyspieszenie, otoczyć GSz-6-30 aerodynamiczną skorupą i zapewnić mu skuteczne chłodzenie…



…moglibyśmy skakać ponad górami.

Równomierne wznoszenie się

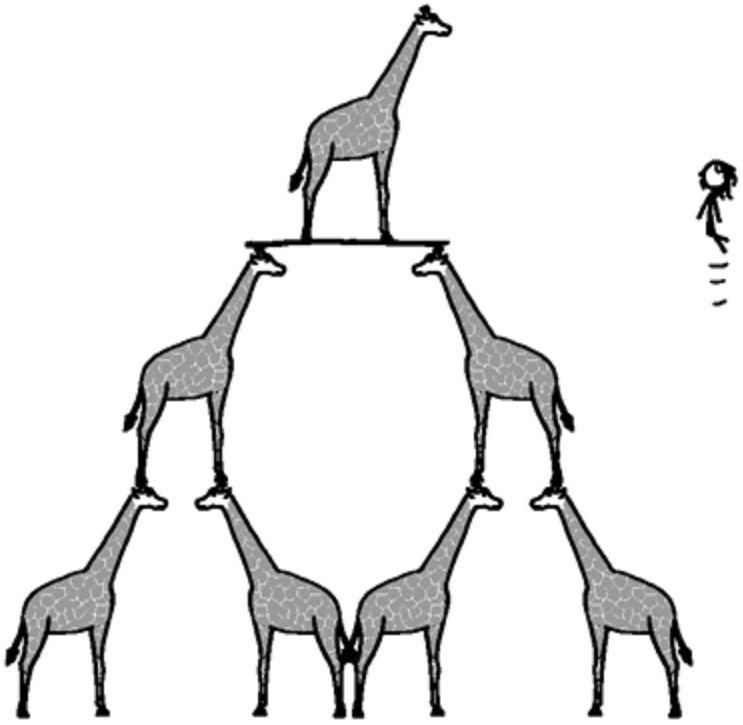
Gdybyśmy nagle zaczęli wznosić się z prędkością 30 centymetrów na sekundę, jaka czekałaby nas śmierć? Zamarzlibyśmy czy raczej się udusili? A może stałoby się coś jeszcze innego?

REBECCA B

GRUNT TO WZIĄĆ ZE SOBĄ PŁASZCZ.

Trzydzieści centymetrów na sekundę to nie jest duża prędkość, znacznie mniejsza niż prędkość zwykłej windy. W zależności od tego, jak wysocy są nasi znajomi, wystarczyłoby od pięciu do siedmiu sekund, aby nie mogli nas dosięgnąć. Po 30 sekundach bylibyśmy dziewięć metrów nad ziemią. Jeśli zajrzycie do rozdziału *Rzut wzwyż*, dowiecie się, że mielibyśmy wtedy ostatnią szansę na to, aby ktoś rzucił nam kanapkę, butelkę wody czy cokolwiek innego [38].

Po minucie lub dwóch minutach bylibyśmy już ponad drzewami. Zasadniczo czulibyśmy się równie komfortowo jak na ziemi. W wietrzny dzień byłoby nam pewnie chłodniej z powodu wiatru wiejącego bardziej regularnie ponad linią drzew [39].



Po upływie 10 minut znaleźlibyśmy się ponad większością drapaczy chmur, a po 25 minutach minęlibyśmy iglicę Empire State Building.

Powietrze na tej wysokości jest mniej więcej trzy procent rzadsze niż przy powierzchni ziemi. Na szczęście nasz organizm na co dzień radzi sobie z takimi różnicami ciśnienia. Jedyne, co możemy poczuć, to dyskomfort w uszach.

Ciśnienie powietrza zmienia się szybko wraz ze wzrostem wysokości. O dziwo, nawet gdy stoimy na ziemi, możemy zmierzyć różnice ciśnienia w punktach odległych od siebie zaledwie o kilkadziesiąt centymetrów. Jeśli – tak jak większość nowoczesnych telefonów – nasza komórka posiada barometr, możemy pobrać aplikację i sami zmierzyć różne wartości ciśnienia na wysokości głowy i stóp.

Trzydzieści centymetrów na sekundę to mniej więcej kilometr na godzinę, więc po godzinie bylibyśmy już kilometr nad ziemią. Na tym etapie na pewno zaczęłoby się nam robić chłodno. Jeśli mielibyśmy ze sobą płaszcz, nie byłoby problemu, chociaż moglibyśmy również zauważyć, że wiatr się nasila.

Po upływie dwóch godzin, czyli na wysokości dwóch kilometrów, temperatura spadłaby poniżej zera. Wiatr najprawdopodobniej nadal by się zwiększał. Odmrożenia zaczęłyby stanowić problem na odsłoniętych fragmentach skóry.

Na tym etapie ciśnienie powietrza spadłoby poniżej poziomu ciśnienia w kabinie samolotu [40] i efekty tego zaczęłyby być bardziej odczuwalne. Jeśli jednak nie mielibyśmy ciepłego płaszcza, większym zmartwieniem byłaby niska temperatura.

Po kolejnych dwóch godzinach spadłaby ona poniżej zera [41]. Jeśli założyć, że udałoby się nam przetrwać przy ograniczonej ilości tlenu, w pewnym momencie nasz organizm uległby wychłodzeniu. Pytanie tylko kiedy.

Jak można się spodziewać, autorytetami naukowymi w kwestii zamarzania są Kanadyjczycy. Najczęściej stosowanym modelem reakcji ludzkiego organizmu na niskie temperatury jest ten opracowany przez Petera Tikuisisa i Johna Frima dla Defense and Civil Institute of Environmental Medicine w Ontario.

Zgodnie z ich symulacją najważniejszym czynnikiem przy ustalaniu przyczyny zamarznięcia jest ubranie. Gdybyśmy byli nadzy, nasz organizm uległby wychłodzeniu po jakichś pięciu godzinach, czyli zanim jeszcze zabrakłoby nam tlenu [42]. Natomiast gdybyśmy byli opatuleni od stóp do głów, doznalibyśmy odmrożeń, ale prawdopodobnie udałoby nam się przeżyć…

… wystarczająco długo, aby osiągnąć **strefę śmierci.**

Na wysokości ponad 8 tysięcy metrów – ponad najwyższymi szczytami górskimi – zawartość tlenu w powietrzu jest zbyt niska, aby człowiek mógł przeżyć. Zbliżając się do tej strefy, doświadczylibyśmy prawdopodobnie

różnych objawów, takich jak dezorientacja, zawroty głowy, nieporadność, zaburzenia widzenia oraz mdłości.

W pobliżu strefy śmierci zawartość tlenu w naszej krwi gwałtownie by się obniżyła. Żyły normalnie doprowadzają odtlenowaną krew z powrotem do płuc, aby ponownie ją natlenić. W strefie śmierci w powietrzu jest tak mało tlenu, że nasze żyły oddawałyby tlen do powietrza, zamiast go pobierać. Rezultatem byłyby utrata przytomności oraz śmierć. Stałoby się to po upływie siedmiu godzin. Szanse na to, że dożylibyśmy ośmiu, są bardzo nikłe.

Zmarła tak, jak żyła – wznosząc się z prędkością 30 centymetrów na sekundę. To znaczy tak, jak żyła przez ostatnie kilka godzin.

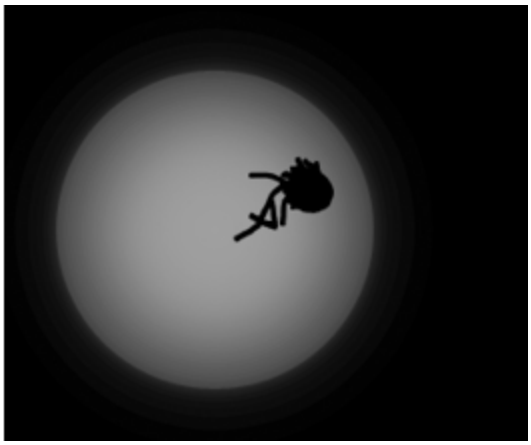
Za 2 miliony lat nasze zamrożone ciało, wciąż poruszające się ze stałą prędkością 30 centymetrów na sekundę, byłoby już poza heliopauzą, w przestrzeni międzygwiezdnej.

Clyde Tombaugh, astronom i odkrywca Plutona, zmarł w 1997 roku. Jego prochy zostały umieszczone na pokładzie sondy kosmicznej New Horizons, która przeleci w pobliżu Plutona, a następnie opuści Układ Słoneczny.

Prawdą jest, że taka hipotetyczna wyprawa z prędkością 30 centymetrów na sekundę byłaby zimna, nieprzyjemna i skończyłaby się rychłą śmiercią. Gdy jednak za 4 miliardy lat Słońce stanie się czerwonym karłem

i pochłonie Ziemię, my i Clyde bylibyśmy jedynymi ludźmi, którym udało się uciec.

I to by było na tyle.



Dziwne (i niepokojące) pytania z What if? Skrzynka odbiorcza nr 3

Czy przy obecnej wiedzy i możliwościach ludzkości możliwe jest zbudowanie nowej gwiazdy?

Jeff Gordon

Jakie problemy logistyczne napotkalibyśmy, gdybyśmy próbowali stworzyć armię małp?

Kevin

Gdyby ludzie mieli koła i potrafili latać, jak odróżnialibyśmy ich od samolotów?

Anonim

Orbitalna łódź podwodna

Jak długo przetrwałaby łódź podwodna na orbicie okołoziemskiej?

JASON LATHBURY

ŁÓDŹ PODWODNA MIAŁABY SIĘ wspaniale, ale jej załoga znalazłaby się w opałach.

Kadłub łodzi nie zostałby rozerwany na strzępy, ponieważ zaprojektowano go tak, aby wytrzymał zewnętrzne ciśnienie wody o wartości od 50 do 80 atmosfer. Spokojnie poradziłby sobie z wewnętrznym ciśnieniem powietrza o wartości jednej atmosfery, a ponadto prawdopodobnie pozostałby hermetyczny. Chociaż wodoodporne uszczelki niekoniecznie muszą zatrzymywać powietrze pod ciśnieniem, to biorąc pod uwagę fakt, że kadłub łodzi wytrzymuje ciśnienie wody o wartości 50 atmosfer, powietrze raczej szybko się z niego nie wydostanie. Istnieją wprawdzie specjalistyczne jednodrożne zawory, które mogłyby wypuszczać powietrze, ale łódź podwodna najprawdopodobniej zachowałaby szczelność.

Zasadniczym problemem dla załogi byłby brak powietrza. Atomowe łodzie podwodne odzyskują tlen z wody dzięki wykorzystaniu prądu elektrycznego. W przestrzeni kosmicznej nie ma wody[potrzebne źródło], więc wytwarzanie powietrza byłoby tam niemożliwe. W łodziach podwodnych przechowuje się zapasy powietrza wystarczające przynajmniej na kilka dni na wypadek nieoczekiwanych kłopotów.

Załoga mogłaby używać reaktora w celu zapewnienia sobie ciepła, ale należałoby się zastanowić, **ile** jego mocy można wykorzystać, ponieważ ocean jest chłodniejszy niż przestrzeń kosmiczna. Formalnie rzecz biorąc, nie jest to stwierdzenie prawdziwe. Powszechnie wiadomo, że w Kosmosie jest bardzo zimno. Jednak statek kosmiczny może się przegrzać, ponieważ przestrzeń kosmiczna nie jest równie dobrym przewodnikiem ciepła, jak woda. Dlatego też temperatura wewnątrz statku może wzrastać szybciej niż w łodzi zanurzonej w oceanie.

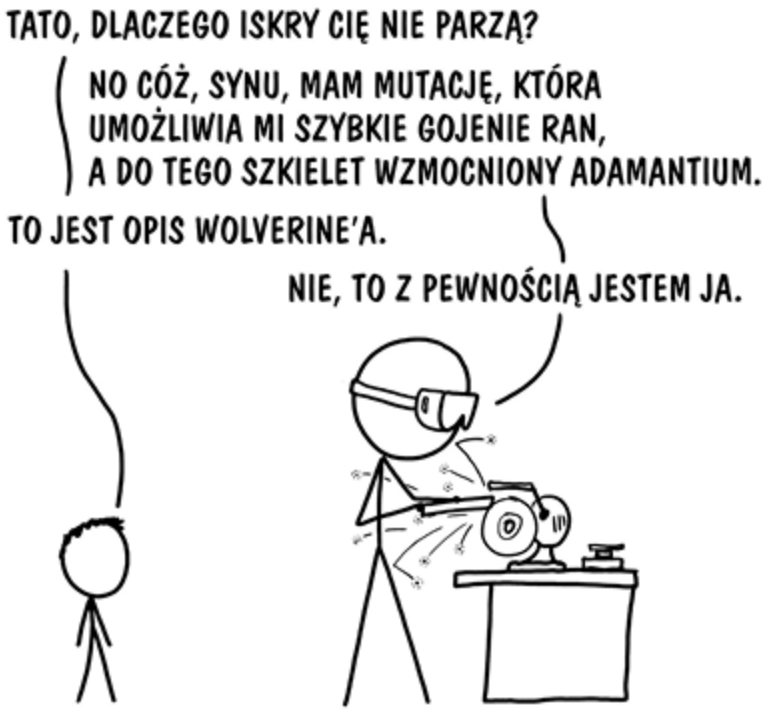
Choćbyśmy nawet byli **bardziej** pedantyczni, to ostatnie stwierdzenie **jest** prawdziwe. Ocean będzie szybciej odprowadzał ciepło z naszego statku niż przestrzeń kosmiczna.

Ponadto w przestrzeni międzygwiezdnej jest bardzo zimno, ale w pobliżu Słońca i Ziemi jest w istocie niesamowicie gorąco! Nie da się ukryć, że definicja temperatury w przestrzeni kosmicznej trochę się załamuje. Przestrzeń ta wydaje się zimna, ponieważ jest taka **pusta**.

Temperatura jest miarą średniej energii kinetycznej zbioru cząsteczek. W Kosmosie pojedyncze molekuły mają dużą średnią energię kinetyczną, ale jest ich tak mało, że nie ma to dla nas żadnego znaczenia.

Kiedy byłem dzieckiem, mój tata miał warsztat w piwnicy. Często obserwowałem go przy szlifierce do metalu. Ilekroć metal dotykał koła szlifierki, na ręce i ubranie taty leciał deszcz iskier. Nie mogłem zrozumieć,

dlaczego nie robią mu one żadnej krzywdy – miały przecież temperaturę kilku tysięcy stopni.


TATO, DLACZEGO ISKRY CIĘ NIE PARZĄ?
NO CÓŻ, SYNU, MAM MUTACJĘ, KTÓRA UMOŻLIWIA MI SZYBKIE GOJENIE RAN, A DO TEGO SZKIELET WZMOCNIONY ADAMANTIUM.
TO JEST OPIS WOLVERINE'A.
NIE, TO Z PEWNOŚCIĄ JESTEM JA.

Później dowiedziałem się, że iskry nie robiły mu krzywdy, ponieważ były takie **malutkie***;* ich ciepło mogło być wchłonięte przez ciało, ale bardzo niewielki fragment skóry ulegał nagrzaniu.

Gorące molekuły w Kosmosie są jak iskry w warsztacie mojego taty; mogą być gorące albo zimne, są jednak na tyle małe, że ich dotknięcie prawie wcale nie zmienia naszej temperatury [43]. Ogrzewanie i schładzanie naszego organizmu zależy w istocie od tego, ile ciepła wytwarzamy i jak szybko jest ono oddawane.

Bez ciepłego otoczenia oddającego nam ciepło z powrotem tracimy je przez promieniowanie znacznie szybciej niż normalnie. Na szczęście przy braku otaczającego nas powietrza, które odbierałoby ciepło z powierzchni naszego ciała, nie tracimy go także przez konwekcję [44]. W przypadku większości załogowych statków kosmicznych ma to istotne znaczenie;

zasadniczym problemem nie jest tam utrzymanie ciepła, ale niskiej temperatury.

W atomowej łodzi podwodnej z pewnością można utrzymać znośną temperaturę, gdy zewnętrzna powierzchnia kadłuba jest schładzana przez ocean do 4°C. Jednak w przestrzeni kosmicznej nasza łódź znajdująca się w cieniu Ziemi traciłaby ciepło z szybkością sześciu megawatów. To więcej niż 20 kilowatów dostarczane przez załogę – i kilkaset kilowatów dostarczanych przez Słońce w chwilach, w których łódź byłaby bezpośrednio oświetlana – reaktor musiałby więc być cały czas włączony, aby utrzymać ciepło [45].

Aby opuścić swoją orbitę, łódź podwodna musiałaby zwolnić na tyle, aby wejść w atmosferę. Nie jest to jednak możliwe bez użycia rakiet.

No dobrze, w rzeczywistości łódź podwodna **jest** wyposażona w rakiety.

Niestety, nie są one skierowane tak, aby mogły nadać łodzi odpowiedni kierunek ruchu. Rakiety te mają własny napęd, co oznacza, że ich odrzut jest bardzo mały. Kiedy broń palna wystrzeliwuje pocisk, **popycha** go, by nadać mu prędkość. W przypadku rakiety po prostu ją odpalamy i dalej leci już sama. Wystrzelenie rakiet nie popchnęłoby łodzi podwodnej naprzód.

Ale ich **nie**wystrzelenie mogłoby załatwić sprawę.

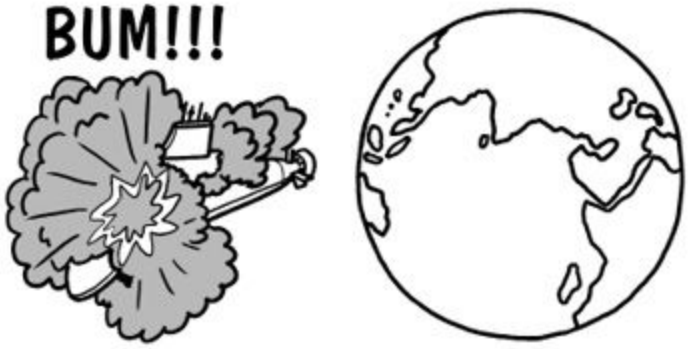
Gdyby rakiety balistyczne nowoczesnej łodzi podwodnej zostały wyjęte z wyrzutni i z powrotem w niej umieszczone, tyle że w odwrotnym kierunku, mogłyby zmienić jej prędkość mniej więcej o cztery metry na sekundę.

Typowy manewr zejścia z orbity wymaga zmiany prędkości mniej więcej o 100 metrów na sekundę, co oznacza, że do wykonania takiego manewru wystarczyłyby 24 rakiety Trident z łodzi podwodnej klasy Ohio. Ponieważ jednak łódź podwodna nie posiada płytek ablacyjnych rozpraszających ciepło i nie jest stabilna aerodynamicznie przy prędkościach hipersonicznych, nieuchronnie zaczęłaby koziołkować i rozpadłaby się w powietrzu.

Jeśli wcisnęlibyśmy się w odpowiednią szczelinę łodzi i bylibyśmy przypięci pasami do fotela przeciwprzeciążeniowego, mielibyśmy **cień** szansy na przeżycie gwałtownego hamowania. Następnie musielibyśmy wyskoczyć z wraku na spadochronie jeszcze przed uderzeniem łodzi w powierzchnię Ziemi.

Jeśli kiedykolwiek byście tego próbowali – oby nie! – to mam dla was istotną radę:

Nie zapomnijcie rozbroić zapalników w rakietach.


BUM!!!

Rozdział krótkich odpowiedzi

Czy gdyby moja drukarka mogła drukować pieniądze, miałoby to duży wpływ na światową gospodarkę?

Derek O’Brien

Na kartce papieru formatu A4 ZMIEŚCIŁYBY SIĘ CZTERY banknoty. Jeśli drukowalibyśmy obustronnie jedną stronę wysokiej jakości i w kolorze na minutę, dałoby to nam 200 milionów dolarów rocznie.

To wystarczająco dużo, żeby się wzbogacić, ale zbyt mało, aby spowodować jakikolwiek uszczerbek w światowej gospodarce. W obiegu jest obecnie 7,8 miliarda banknotów studolarowych. Czas życia banknotu wynosi około trzech miesięcy, co oznacza, że rocznie produkuje się ich około miliarda. W takiej sytuacji nikt by nie zauważył dodatkowych 2 milionów banknotów rocznie.

Co by się stało, gdybyśmy zdetonowali bombę jądrową w oku huraganu? Czy komórka burzowa natychmiast by wyparowała?

Rupert Bainbridge (i setki innych)

TO PYTANIE BYŁO ZADAWANE już wielokrotnie.

Okazuje się, że Amerykańska Narodowa Służba Oceaniczna i Meteorologiczna (National Oceanic and Atmospheric Administration),

zarządzająca Narodowym Centrum Huraganów (National Hurricane Center), również ciągle była o to pytana. Działo się to na tyle często, że w końcu agencja opublikowała odpowiedź.

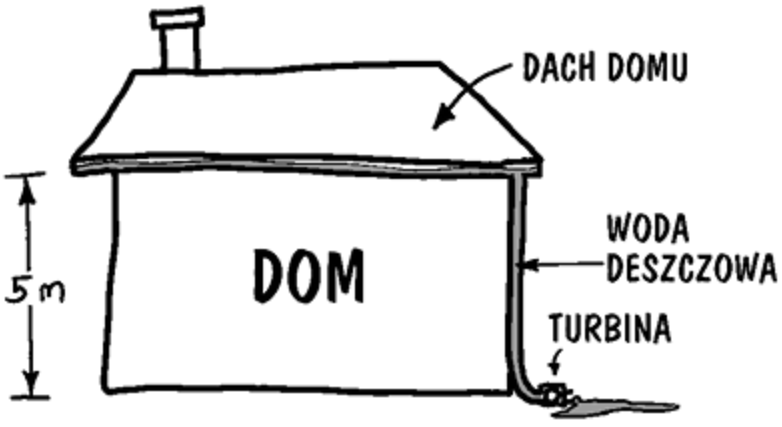
Polecam wam przeczytanie jej w całości [46], ale wydaje mi się, że ostatnie zdanie pierwszego akapitu mówi wszystko:

Nie trzeba dodawać, że nie jest to dobry pomysł.

Bardzo mnie cieszy, że amerykańska agencja rządowa wydała opinię na temat **strzelania pociskami jądrowymi w huragany**.

Ile wytworzylibyśmy energii, gdyby każdy z nas umieścił mały turbogenerator na rynnie odpływowej swojego domu? Czy wystarczyłoby to, żeby zrekompensować koszty zakupu generatorów?

Damien



NA DOM STOJĄCY w rejonie występowania dużych opadów, na przykład w południowo-wschodniej Alasce, mogłoby spaść nawet cztery metry deszczu rocznie. Turbiny wodne bywają całkiem wydajne. Dom o powierzchni 140 metrów kwadratowych z rynnami o wysokości pięciu metrów wytworzyłby średnio z wody deszczowej moc mniejszą niż jeden wat, a maksymalne oszczędności w opłatach za prąd wyniosłyby wówczas:

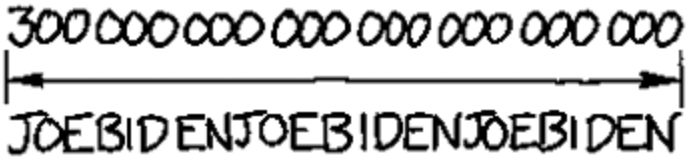
$$140\ \mathrm{m^2} \times 4\ \frac{\text{metry}}{\text{rok}} \times 1\ \frac{\text{kg}}{\text{litr}} \times 9{,}81\ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 5\ \text{metrów} \times 15\ \frac{\text{centów}}{\text{kWh}} = 1{,}14\ \frac{\text{dolara}}{\text{rok}}$$

Największy godzinny opad w historii odnotowano w miejscowości Holt w stanie Missouri w 1947 roku. W ciągu 42 minut spadło tam około 30 centymetrów deszczu. W tym czasie nasz hipotetyczny dom wytworzyłby nawet 800 watów prądu, wystarczająco dużo, żeby zasilić wszystkie urządzenia w jego wnętrzu. Przez pozostałe miesiące nawet nie zbliżyłby się do tego rezultatu. Jeśli instalacja generatora kosztowałaby 100 dolarów, mieszkańcowi Ketchikan na Alasce – gdzie występują największe opady w USA – zaczęłoby się to opłacać po niecałych 100 latach.

Gdybyśmy używali tylko dających się wymówić kombinacji liter, jak długie musiałyby być nazwy wszystkich gwiazd we wszechświecie, aby każda otrzymała unikatową nazwę składającą się z jednego słowa?

Seamus Johnson

We wszechświecie ZNAJDUJE SIĘ 300 000 000 000 000 000 000 000 gwiazd. Kiedy tworzymy dające się wymówić słowa z występujących na przemian samogłosek i spółgłosek (są na to lepsze sposoby, ale my chcemy uzyskać przybliżoną liczbę), wówczas każda nowo dodana para liter pozwala nam nazwać 105 razy więcej gwiazd (21 spółgłosek razy pięć samogłosek). A ponieważ liczby mają podobną gęstość zapisu informacji – 100 możliwości na znak – oznacza to, że nasza nazwa będzie dorównywać długością liczbie cyfr w zapisie całkowitej liczby gwiazd.



Gwiazdy zostały nazwane „Joe Biden”.

Lubię obliczenia matematyczne, w których mierzy się długości liczb zapisanych na stronie (w istocie jest to sposób na luźne oszacowanie $\log_{10} x$). To działa, chociaż wydaje się takie **niewłaściwe**.

Czasami jeżdżę na zajęcia rowerem. W zimie z powodu niskiej temperatury jest to nieprzyjemne. Jak szybko musiałbym jechać, żeby rozgrzać skórę tak, jak statek kosmiczny nagrzewa się, gdy wchodzi w atmosferę ziemską?

David Nai

STATEK KOSMICZNY NAGRZEWA SIĘ PODCZAS WCHODZENIA W ATMOSFERĘ, ponieważ znajdujące się przed nim powietrze ulega sprężeniu (a nie, jak się powszechnie uważa, z powodu tarcia powietrza).

Aby zwiększyć temperaturę warstwy powietrza przed swoim ciałem o 20°C (to wystarczy na powrót z temperatury poniżej zera do pokojowej), musielibyśmy jechać na rowerze z prędkością 200 metrów na sekundę.

Najszybszymi pojazdami poruszającymi się na poziomie morza i napędzanymi siłą mięśni ludzkich są rowery poziome, obudowane opływową, aerodynamiczną skorupą. Pojazdy te mają górny limit prędkości wynoszący około 40 metrów na sekundę, a i wtedy człowiek z trudem może wykrzesać z siebie dość siły, żeby zrównoważyć siłę oporu powietrza.

Ponieważ opór rośnie wraz z kwadratem prędkości, granicę tę raczej trudno będzie przekroczyć. Jazda na rowerze z prędkością 200 metrów na sekundę wymaga przynajmniej 25 razy więcej mocy niż jazda z prędkością 40 metrów na sekundę.

Przy takich prędkościach nie trzeba się właściwie martwić o temperaturę powietrza – szybkie obliczenie na kolanie dowodzi, że gdyby nasze ciało wykonywało tak intensywną pracę, jego podstawowa temperatura w ciągu zaledwie kilku sekund osiągnęłaby wartość śmiertelną dla organizmu ludzkiego.

Ile miejsca zajmuje internet?

Max L

ISTNIEJE WIELE sposobów na obliczenie ilości informacji zmagazynowanych w internecie, możemy jednak w ciekawy sposób ustalić górny kres tego zbioru wartości. Wystarczy sprawdzić, jak dużo przestrzeni dyskowej musielibyśmy wykupić jako gatunek ludzki.

Co roku produkuje się około 650 milionów twardych dysków. Przy założeniu, że większość z nich stanowią dyski 3,5-calowe, daje to osiem litrów (dwa galony) twardego dysku na sekundę.

To znaczy, że wyprodukowane w ciągu ostatnich kilku lat twarde dyski – stanowiące, dzięki rosnącej produkcji, większość światowej pojemności pamięci komputerowych – mogłyby zapełnić prawie cały tankowiec. Zmierzony w ten sposób internet byłby mniejszy od tankowca.

Co by się stało, gdybyśmy przymocowali C4 do bumerangu? Czy byłaby to skuteczna broń, czy raczej – jak to wygląda na pierwszy rzut oka – kompletna głupota?

Chad Macziewski

ZAPOMNIJMY NA CHWILĘ O AERODYNAMICE. CIEKAW JESTEM, jaką taktyczną przewagę moglibyśmy osiągnąć, gdybyśmy nie trafili w cel i okazałoby się, że silny materiał wybuchowy leci prosto na nas.

C4

Pioruny

Zanim przejdziemy dalej, chciałbym podkreślić, że **nie jestem autorytetem, jeśli chodzi o kwestie bezpieczeństwa podczas burzy.** Jestem facetem, który rysuje obrazki w internecie. Lubię, gdy coś się zapala i wybucha, co oznacza, że nasze dobro nie jest moim priorytetem. Zasady bezpiecznego zachowania podczas burzy najlepiej znają panowie z Amerykańskiego Instytutu Meteorologicznego (US National Weather Service):

http://www.lightningsafety.noaa.gov/

Skoro więc już to sobie wyjaśniliśmy…

Aby móc odpowiedzieć na poniższe pytania, musimy mieć jakie takie pojęcie, w którym miejscu najprawdopodobniej uderzy piorun. Istnieje fajny sposób ustalania takich miejsc, z którym od razu was zapoznam: potoczcie po ziemi wyimaginowaną 60-metrową kulę i zobaczcie, jakich punktów dotyka [47]. W tym rozdziale odpowiem na kilka pytań związanych z piorunami.

Powszechnie uważa się, że piorun uderza w najwyższy punkt w okolicy. To szalenie nieprecyzyjne stwierdzenie, które natychmiast rodzi mnóstwo

pytań. Jak duża ma być ta „okolica”? Przecież nie wszystkie pioruny uderzają w Mount Everest. Czy piorun trafi w najwyższą osobę w tłumie? Najwyższym człowiekiem, jakiego znam, jest chyba Ryan North [48]. Czy podczas burzy powinienem trzymać się blisko niego ze względów bezpieczeństwa? A jakie są inne przesłanki? Powinienem raczej odpowiadać na pytania, a nie je zadawać.

A zatem jak piorun naprawdę wybiera swoje cele?

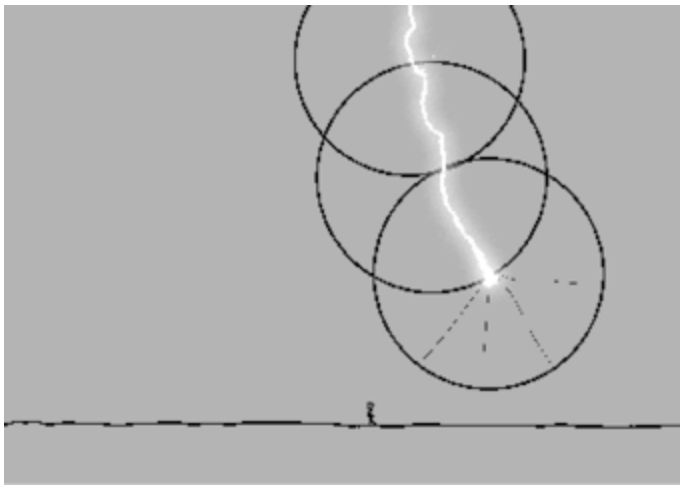
Uderzenie pioruna rozpoczyna się w chmurze od posiadającego wiele odnóg wyładowania pilotującego. Porusza się ono w dół z prędkością setek kilometrów na sekundę i w kilkadziesiąt milisekund pokonuje dystans kilku kilometrów, dzielący go od powierzchni ziemi.

Wyładowanie pilotujące ma stosunkowo niewielkie natężenie prądu – około 200 amperów. Wystarczająco dużo, żeby zabić człowieka, ale prawie nic w porównaniu z tym, co będzie się działo dalej. Kiedy wyładowanie pilotujące dotyka ziemi, pomiędzy nią a chmurą następuje wyrównanie potencjałów i następuje potężne wyładowanie o natężeniu ponad 20 tysięcy amperów. To właśnie ta oślepiająca błyskawica, którą widzimy. Utworzonym wcześniej kanałem pędzi ona z powrotem ku górze z prędkością stanowiącą istotną część prędkości światła i pokonuje ten dystans w czasie poniżej jednej milisekundy [49].

Piorun uderza w miejsce, w którym wyładowanie pilotujące miało po raz pierwszy kontakt z powierzchnią ziemi. Wyładowanie pilotujące porusza się małymi skokami w powietrzu z góry na dół. W końcu dociera do (przeważnie) dodatniego ładunku na ziemi. Potrafi ono „wyczuć” takie ładunki, ale tylko z dystansu kilkudziesięciu metrów od swojego czubka. Jeśli w takiej odległości znajdzie się obiekt połączony z ziemią, wyładowanie pilotujące tam przeskoczy. W przeciwnym wypadku będzie

dalej przesuwać się skokami w dość chaotyczny sposób i cały proces się powtórzy.

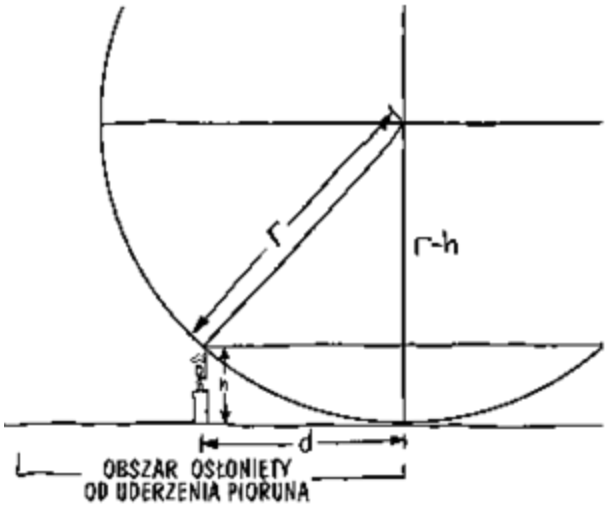
Stąd pomysł z 60-metrową kulą. Dzięki niej możemy sobie wyobrazić miejsca, które „wyczuje” wyładowanie pilotujące i do których wykona swój kolejny, ostatni skok.



Aby się zorientować, gdzie najpewniej uderzy piorun, toczymy po ziemi wyimaginowaną, 60-metrową kulę [50]. Wspina się ona na drzewa i budynki, ale nie przechodzi przez nie ani ich nie miażdży. Obiekty stykające się z powierzchnią kuli – wierzchołki drzew, słupki ogrodzenia, gracze na polu golfowym – to potencjalne cele pioruna. W ten sposób możemy określić osłonięty obszar na płaskiej powierzchni wokół obiektu o wysokości **h**.

$$\text{Promień osłoniętego obszaru} = \sqrt{h\,(2r - h)}$$

Wyładowanie pilotujące nie uderzy w obszar osłonięty na powierzchni ziemi, ale w znajdujący się w pobliżu wysoki obiekt.



Nie znaczy to jednak, że w obszarze osłoniętym jesteśmy bezpieczni – często jest wprost przeciwnie. Po uderzeniu w wysoki obiekt prąd płynie ku ziemi. Jeśli więc dotykamy gruntu blisko tego miejsca, prąd może przepłynąć przez nasze ciało. Spośród 28 osób, które w 2013 roku zginęły w USA od uderzenia pioruna, 13 stało pod drzewami albo w ich pobliżu.

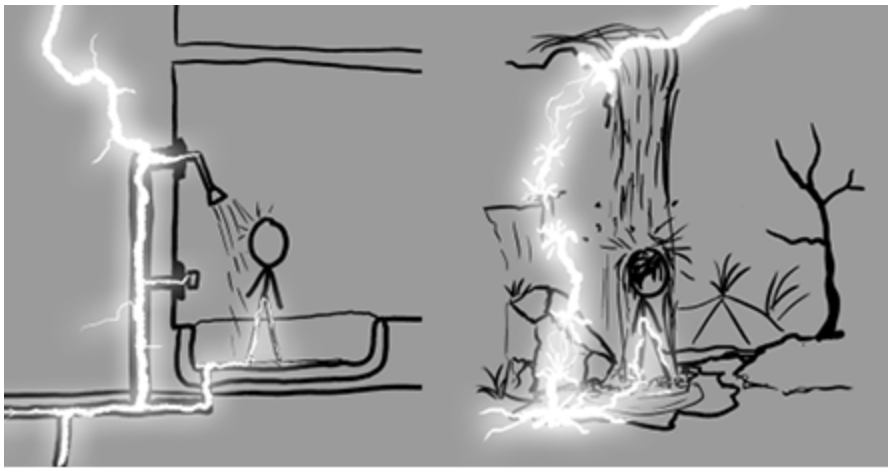
Mając to wszystko na uwadze, zobaczmy, jak zachowują się pioruny w sugerowanych poniżej scenariuszach.

Czy naprawdę niebezpiecznie jest przebywać w basenie podczas burzy?

BARDZO NIEBEZPIECZNIE. WODA JEST przewodnikiem, ale nie to jest najistotniejsze. Sęk w tym, że podczas pływania nasza głowa wystaje ponad dużą, płaską powierzchnię. Jeśli piorun uderzyłby w wodę w naszym pobliżu, skończyłoby się to dla nas bardzo źle. Prąd miałby natężenie 20 tysięcy amperów i rozchodziłby się głównie po powierzchni wody, ale obliczenie, jak dużego wstrząsu elektrycznego doznalibyśmy, gdybyśmy znajdowali się w określonej odległości od miejsca jego uderzenia, jest bardzo trudne.

Przypuszczam, że w promieniu kilkudziesięciu metrów bylibyśmy w poważnym niebezpieczeństwie, szczególnie w słodkiej wodzie, gdyż wtedy prąd chętniej wybrałby drogę na skróty przez nasze ciało.

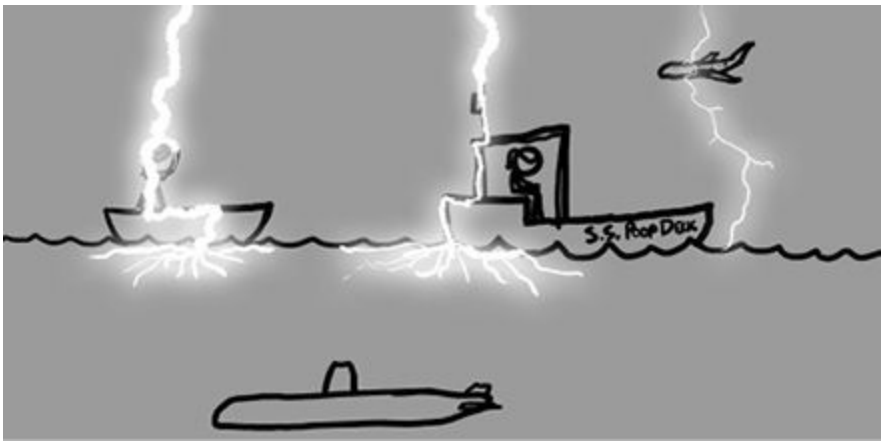
A co by się stało, gdybyśmy zostali trafieni piorunem podczas brania prysznica? Albo pod wodospadem?



Rozpryskująca się woda nie jest groźna – to tylko chmura kropelek w powietrzu. Prawdziwym zagrożeniem byłaby wanna, w której byśmy stali, oraz kałuża wody pozostająca w kontakcie z instalacją wodociągową.

Co by się stało, gdybyśmy znajdowali się w łodzi albo w samolocie, które zostałyby trafione piorunem? Albo w łodzi podwodnej?

ŁÓDŹ BEZ kabiny jest równie bezpieczna, jak pole golfowe. Łódź z zamkniętą kabiną i instalacją odgromową jest tak samo bezpieczna, jak samochód. Łódź podwodna jest równie bezpieczna, jak podwodny sejf (nie mylić z sejfem na łodzi podwodnej, który jest bardziej bezpieczny niż sejf podwodny).



Co by się stało, gdybyśmy zostali trafieni piorunem w czasie wymieniania żarówki na maszcie radiowym? Albo podczas robienia przewrotu w tył lub gdybyśmy stali na polu grafitu? A co by się stało, gdybyśmy patrzyli prosto w błyskawicę?

MOMENCIK. CO TO, DO LICHA, JEST POLE GRAFITU?
JAK ONO SIĘ TUTAJ ZNALAZŁO?
NIE! NIGDY NIE PATRZ PROSTO W BŁYSKAWICĘ. USZKODZISZ SOBIE WZROK.

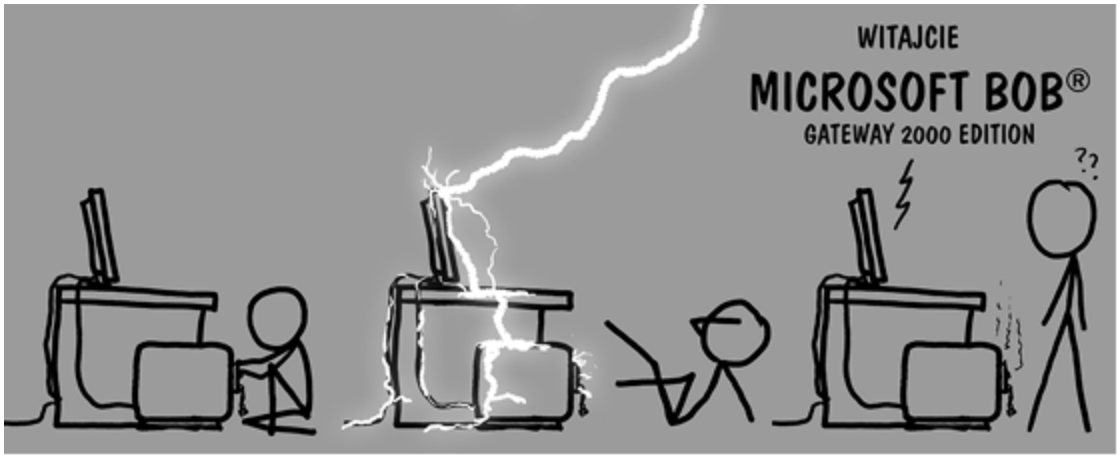
Co by się stało, gdyby piorun uderzył w lecący pocisk?

POCISK NIE MIAŁBY WPŁYWU na tor lotu błyskawicy. Przypuśćmy, że udałoby się nam wystrzelić pocisk w odpowiednim momencie, tak aby znalazł się w samym środku błyskawicy podczas udaru powrotnego.

Rdzeń pioruna ma kilka centymetrów średnicy. Pocisk wystrzelony z AK-47 ma około 26 milimetrów długości i porusza się z prędkością 700 milimetrów na milisekundę. Składa się on z miedzianego płaszcza z ołowianym rdzeniem. Miedź to świetny przewodnik elektryczny, dlatego większa część 20 tysięcy amperów prądu przeszłaby na skróty przez pocisk.

Zniósłby on to zaskakująco dobrze. Gdyby spoczywał nieruchomo, prąd szybko podgrzałby metal i go stopił. Ponieważ jednak pocisk poruszałby się z wielką prędkością, opuściłby kanał błyskawicy, ulegając jedynie podgrzaniu o kilka stopni. Nie miałoby to na niego właściwie żadnego wpływu i kontynuowałby swój lot w kierunku celu. Pole magnetyczne wokół błyskawicy wytwarzałoby pewne osobliwe siły elektromagnetyczne i przez pocisk przepłynąłby prąd, ale – jak sprawdziłem – nie zmieniłoby to znacznie ogólnej sytuacji.

Co by się stało, gdybyśmy uaktualniali BIOS
w czasie burzy i zostali trafieni przez piorun?



Dziwne (i niepokojące) pytania z What if? Skrzynka odbiorcza nr 4

Czy można by zatrzymać wybuch wulkanu przez umieszczenie pod nim bomby termobarycznej albo jądrowej?

Tomasz Gruszka

Mój przyjaciel jest przekonany, że w Kosmosie słychać dźwięki. Nie ma racji, prawda?

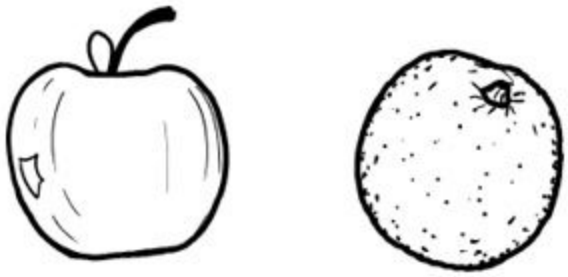
Aaron Smith

Ludzki komputer

Jak dużą moc obliczeniową udałoby się uzyskać, gdyby wszyscy ludzie na Ziemi przerwali inne czynności i zaczęli wykonywać obliczenia? Jak by się ona miała do mocy obliczeniowej współczesnego komputera lub smartfona?

MATEUSZ KNORPS

Z JEDNEJ STRONY LUDZIE i komputery myślą w bardzo odmienny sposób, tak więc byłoby to jak porównywanie jabłek i pomarańczy.



Jeśli jednak spojrzymy na to z drugiej strony, jabłka są lepsze[51]. Porównajmy więc ludzi i komputery przy tych samych zadaniach.

Choć staje się to coraz trudniejsze, wciąż łatwo jest wymyślić zadania, które człowiek wykona szybciej niż wszystkie komputery świata. Ludzie prawdopodobnie wciąż są na przykład dużo lepsi w opisywaniu zdarzeń na podstawie obrazków.

Aby sprawdzić tę teorię, wysłałem mojej mamie powyższy obrazek z zapytaniem, co według niej się stało. Natychmiast dostałem odpowiedź [52]: „Dziecko przewróciło wazon, a kot bada sytuację”. Mama inteligentnie odrzuciła inne wersje wydarzeń, takie jak:

- Kot przewrócił wazon.
- Kot wyskoczył z wazonu na dziecko.
- Kot gonił dziecko, które próbowało wspiąć się na kredens po linie.
- W domu jest dziki kot i ktoś rzucił w niego wazonem.
- Kot spoczywał zmumifikowany w wazonie, ale przebudził się, gdy dziecko dotknęło go magiczną liną.
- Lina podtrzymująca wazon pękła, a kot próbuje ją naprawić.
- Wazon wybuchł, wzbudzając zainteresowanie dziecka oraz kota.

- Dziecko i kot biegają, próbując złapać węża. Dziecko w końcu go łapie i wiąże na nim węzeł.

Wszystkie komputery świata nie znalazłyby poprawnej odpowiedzi szybciej niż byle rodzic. Wynika to z tego, że komputery nie zostały zaprogramowane tak, aby rozwiązywać podobne zadania [53]. Ludzkie mózgi natomiast w toku trwającej od milionów lat ewolucji nauczyły się rozpoznawać, co robią inne mózgi w okolicy i dlaczego.

Moglibyśmy więc wybrać zadanie dające ludziom przewagę nad komputerami, ale to przecież żadna frajda. Komputery mają ograniczenia wynikające z naszych umiejętności ich programowania, mamy zatem nad nimi wrodzoną przewagę.

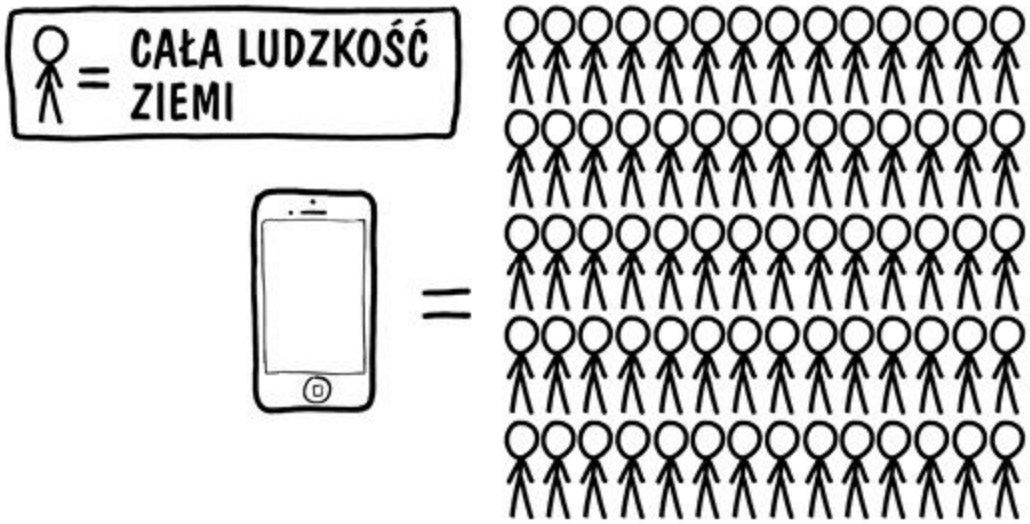
Zobaczmy raczej, jak poradzilibyśmy sobie na ich terenie.

Złożoność mikroprocesorów

Nie będziemy wymyślać nowych zadań, po prostu przeprowadzimy te same testy wzorcowe dla ludzi i dla komputerów. W ich skład wchodzą zwykle operacje na liczbach zmiennoprzecinkowych, zapamiętywanie i przypominanie sobie liczb, działania na ciągach liter oraz podstawowe operacje logiczne.

Według naukowca i informatyka Hansa Moraveca ludzie poddani testom wzorcowym przeznaczonym dla procesora komputerowego i używający tylko ołówka oraz kartki papieru wykonują ekwiwalent jednej instrukcji w ciągu półtorej minuty [54].

Jeśli przyjmiemy taki punkt widzenia, okaże się, że procesor przeciętnego telefonu komórkowego wykonuje obliczenia 70 razy szybciej niż cała ludność Ziemi. Dla nowego, wysokiej klasy procesora komputera stacjonarnego współczynnik ten zwiększyłby się do 1500.



A w którym roku pojedynczy komputer stacjonarny prześcignął ludzkość pod względem mocy obliczeniowej?

W **1994.**

W 1992 roku ludność świata wynosiła 5,5 miliarda ludzi, a ich łączna moc obliczeniowa według naszego testu wzorcowego wynosiła 65 MIPS (milionów instrukcji na sekundę). W tym samym roku Intel wyprodukował popularny procesor 486DX, który przy domyślnych ustawieniach osiągał od 55 do 60 MIPS. W 1994 roku nowe procesory Intela typu Pentium osiągnęły w teście wzorcowym wyniki na poziomie od 70 do 80 MIPS i zostawiły całą ludzkość daleko w tyle.

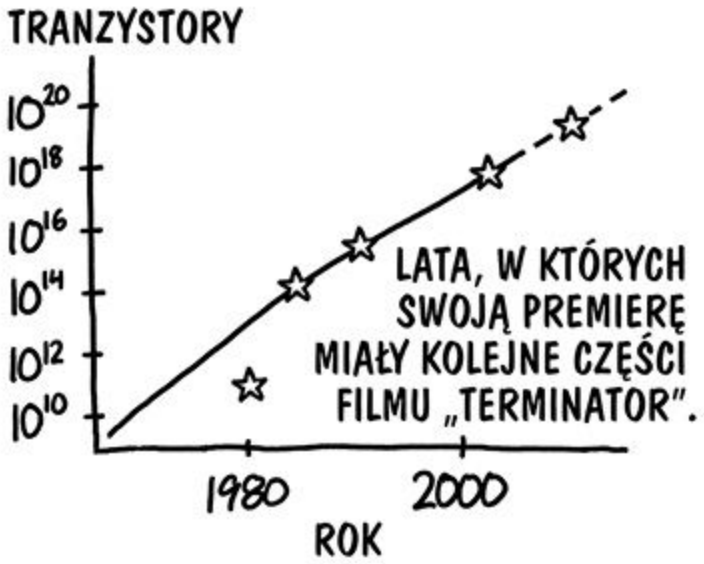
Można dyskutować nad tym, czy zachowujemy się wystarczająco fair w stosunku do komputerów. Porównujemy przecież jeden komputer ze wszystkimi ludźmi. A jak wypadłaby cała ludzkość, gdyby miała przeciwko sobie **wszystkie** komputery?

Trudno to obliczyć. Z ustaleniem wyników testów wzorcowych różnych rodzajów komputerów nie ma problemu, ale jak na przykład zmierzyć liczbę instrukcji na sekundę procesora maskotki Furby?

Większość tranzystorów znajduje się w mikroprocesorach zaprojektowanych w taki sposób, że nie można ich poddać testom wzorcowym. Załóżmy, że wszyscy ludzie zostali przeszkoleni, aby móc uczestniczyć w naszych testach wzorcowych; jak dużo pracy wymagałoby przystosowanie procesorów wszystkich komputerów do wykonania podobnych zadań?

Aby poradzić sobie z tym problemem, możemy ustalić całkowitą moc obliczeniową wszystkich urządzeń liczących poprzez określenie liczby ich tranzystorów. Okazuje się, że zarówno procesory z lat osiemdziesiątych ubiegłego wieku, jak i współczesne mają zbliżony współczynnik tranzystorów na MIPS – około 30 tranzystorów na instrukcję na sekundę. To mniej więcej taki rząd wielkości.

W publikacji Gordona Moore’a (tego od słynnego prawa Moore’a) można znaleźć całkowitą liczbę tranzystorów produkowanych co roku od lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku.



Za pomocą naszego współczynnika możemy przeliczyć liczbę tranzystorów na całkowitą moc obliczeniową. Okazuje się, że zwykły, nowoczesny laptop, osiągający w teście wzorcowym wynik na poziomie dziesiątek tysięcy MIPS, ma moc obliczeniową większą od łącznej mocy obliczeniowej na całym świecie w 1965 roku. Jeśli policzymy to w ten sposób, okaże się, że łączna moc obliczeniowa komputerów przewyższyła łączną moc obliczeniową ludzi w **1977** roku.

Złożoność neuronów

Angażowanie ludzi do wykonywania testów wzorcowych dla procesorów tylko za pomocą ołówka i kartki papieru jest **niezwykle** głupim sposobem na zmierzenie ludzkiej mocy obliczeniowej. Nasze mózgi są bardziej złożone niż jakikolwiek superkomputer. Zgadza się?

Tak. W większości przypadków.

Istnieją projekty, w ramach których używa się superkomputerów do pełnej symulacji aktywności mózgu na poziomie poszczególnych synaps [55]. Na podstawie czasu, jakiego wymagają te symulacje, oraz liczby

wykorzystywanych w nich procesorów możemy określić liczbę tranzystorów, która osiągnęłaby poziom złożoności ludzkiego mózgu.

Wynik uzyskany na podstawie symulacji przeprowadzonej za pomocą japońskiego superkomputera K daje liczbę 10^{15} tranzystorów na jeden ludzki mózg [56]. Jeśli przyjmiemy ten punkt widzenia, okaże się, że wszystkie obwody logiczne na świecie osiągnęły w sumie złożoność ludzkiego mózgu dopiero w 1988 roku… a całkowita złożoność naszych obwodów elektronicznych jest wciąż daleko w tyle za zsumowaną złożonością wszystkich mózgów. Biorąc jednak pod uwagę prognozy oparte na prawie Moore'a oraz wyniki symulacji, komputery nie prześcigną ludzi przed rokiem **2036** [57].

Dlaczego to jest absurdalne

Obie powyższe metody przeprowadzania testów wzorcowych mózgu są całkiem odmienne.

W pierwszej z nich – teście Dhrystones przeprowadzanym tylko za pomocą ołówka i kartki papieru – **ludzie** proszeni są o ręczne symulowanie poszczególnych operacji procesora **komputera.** Ich wydajność jest na poziomie około 0,01 MIPS.

W drugiej metodzie – projekcie komputerowej symulacji aktywności neuronów – prosi się **komputery** o symulowanie aktywności poszczególnych neuronów w **ludzkim** mózgu. W tym przypadku wydajność ludzi osiąga poziom 50 miliardów MIPS.

Nieco lepszym wyjściem mogłoby być połączenie tych dwóch rodzajów obliczeń. Prawdę mówiąc – o dziwo – ma to sens. Gdybyśmy założyli, że nasze programy komputerowe są tak samo skuteczne w symulowaniu aktywności ludzkiego mózgu jak ludzkie mózgi w symulowaniu aktywności procesora komputera, być może trafniejszym wskaźnikiem

mocy obliczeniowej mózgu byłaby średnia geometryczna tych dwóch wyników.

Ten złożony wynik dowodzi, że zegar ludzkiego mózgu tyka z prędkością około 30 tysięcy MIPS – porównywalną z komputerem, na którym piszę te słowa. Z tego wynika, że łączna złożoność cyfrowa Ziemi prześcignęła w **2004** roku złożoność neurologiczną ludzi.

Mrówki

W swojej publikacji *Moore's Law at 40* Gordon Moore zawarł interesujące spostrzeżenie. Wskazuje on, że według biologa E.O. Wilsona na świecie żyje od 10^{15} do 10^{16} mrówek. Dla porównania w 2014 roku na świecie było około 10^{20} tranzystorów, co daje dziesiątki tysięcy tranzystorów na mrówkę [58].

Mózg mrówki może posiadać ćwierć miliona neuronów i tysiące synaps na neuron, co oznacza, że mózgi wszystkich mrówek na świecie mają łączną złożoność zbliżoną do wszystkich ludzkich mózgów.

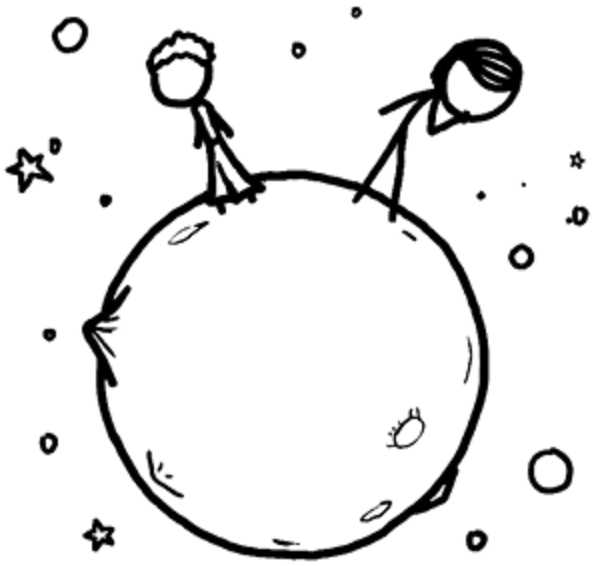
Nie powinniśmy się więc zbytnio martwić, kiedy komputery dogonią nas w swojej złożoności. Przecież my dogoniliśmy mrówki, a **one** niespecjalnie się tym przejmują. Prawdę mówiąc, wygląda na to, że opanowaliśmy naszą planetę, ale gdybym miał obstawiać, kto pozostanie na Ziemi za jakiś

milion lat – ssaki naczelne, komputery czy mrówki – wiem, kogo bym wybrał.

Mała planeta

Czy gdyby asteroida była bardzo mała, ale supermasywna, moglibyśmy na niej mieszkać tak jak Mały Książę?

SAMANTHA HARPER



„Zjadłaś moją różę?”. „Być może”.

MAŁY KSIĄŻĘ Antoine’a de Saint-Exupéry’ego to historia podróżnika z odległej asteroidy. Jest ona prosta, smutna, wzruszająca

i niezapomniana[59]. Z pozoru to książka dla dzieci, ale trudno jednoznacznie określić, dla kogo została napisana. Tak czy inaczej, z pewnością **znalazła** swoich czytelników – jest jedną z najlepiej sprzedających się książek w historii.

Napisano ją w 1942 roku. Były to ciekawe czasy na pisanie o asteroidach, zwłaszcza że nie wiedzieliśmy jeszcze wtedy, jak one **wyglądają**. Nawet przez najlepsze teleskopy były widoczne tylko jako punkty świetlne. W rzeczywistości właśnie stąd pochodzi ich nazwa – termin **asteroida** oznacza „podobny do gwiazdy”.

Pierwsze potwierdzenie wyglądu asteroid otrzymaliśmy w 1971 roku, kiedy sonda kosmiczna Mariner 9 zbliżyła się do Marsa i zrobiła zdjęcia Fobosa oraz Deimosa. Uważa się, że księżyce te są przechwyconymi przez planetę asteroidami, co utrwala współczesne wyobrażenie asteroid jako ziemniaków pokrytych kraterami.

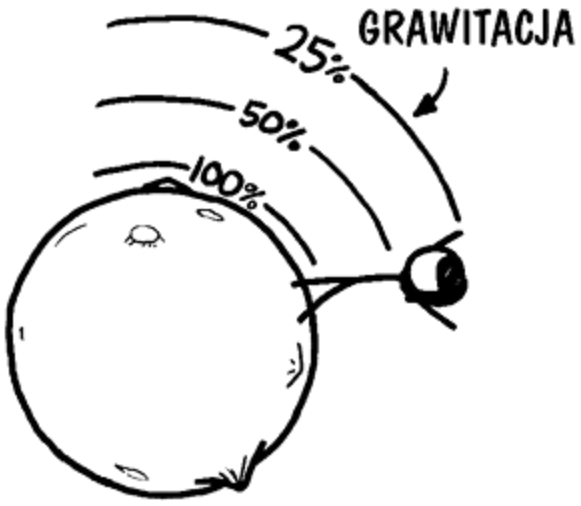
MARINER 9
ZDJĘCIE FOBOSA

Wcześniej w literaturze fantastycznonaukowej przyjmowano, że asteroidy, podobnie jak planety, są okrągłe.

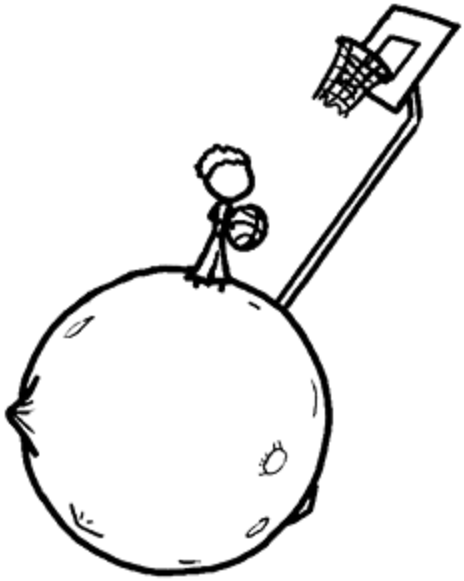
Mały Książę stanowił krok naprzód, ponieważ autor książki przedstawił asteroidę jako miniaturową planetę posiadającą grawitację, powietrze oraz różę. Nie ma sensu przeprowadzać w tym miejscu naukowej analizy krytycznej tego dzieła, ponieważ po pierwsze nie jest to rozprawa o asteroidach, a po drugie zaczyna się od przypowieści o tym, że głupi dorośli biorą wszystko zbyt dosłownie.

Zamiast za pomocą nauki krytykować książkę, spróbujmy podejść do tej historii w nowy, naukowy sposób. Gdyby rzeczywiście istniały bardzo gęste asteroidy z wystarczająco dużą grawitacją powierzchniową, aby można było po nich chodzić, miałyby one niezwykłe właściwości.

Asteroida o promieniu wynoszącym 1,75 metra musiałaby mieć masę około 500 milionów ton, żeby na jej powierzchni występowała grawitacja zbliżona do ziemskiej. Jest to w przybliżeniu łączna masa wszystkich ludzi żyjących na Ziemi. Gdybyśmy stanęli na jej powierzchni, doświadczylibyśmy sił pływowych. Nasze stopy wydawałyby się cięższe od głowy, co odczuwalibyśmy jako wrażenie delikatnego rozciągania. Byłoby to uczucie podobne do rozciągania się na gumowej piłce lub leżenia na kręcącej się karuzeli z głową skierowaną ku jej środkowi.



Prędkość ucieczki na powierzchni asteroidy wynosiłaby około pięciu metrów na sekundę. To wolniej niż sprint, ale wciąż całkiem szybko. Wobec tego można przyjąć, że jeśli nie jesteśmy w stanie zrobić koszykarskiego wsadu, nie zdołalibyśmy uciec z tej asteroidy, skacząc wysoko do góry.



Sprawa z prędkością ucieczki jest o tyle dziwna, że nie ma znaczenia, w którą stronę się poruszamy [60]. Jeśli przemieszczamy się szybciej od prędkości ucieczki, uciekniemy z planety pod warunkiem, że nie poruszamy się **w kierunku** jej środka. Oznacza to, że będziemy mogli opuścić naszą asteroidę, jeśli pobiegniemy poziomo po rampie i zeskoczymy z jej końca.

Gdybyśmy nie poruszali się wystarczająco szybko, aby opuścić naszą planetoidę, znaleźlibyśmy się na jej orbicie, a nasza prędkość orbitalna wynosiłaby mniej więcej trzy metry na sekundę, czyli tyle, ile prędkość przeciętnego biegacza.

Byłaby to jednak **dziwna** orbita.

Siły pływowe działałyby na nas na kilka sposobów. Gdybyśmy wyciągnęli ręce w dół, w kierunku planety, działałaby na nie o wiele większa siła niż na resztę naszego ciała. Gdybyśmy zaś opuścili tylko jedną rękę, reszta ciała byłaby wypychana do góry, co znaczy, że działałoby na nią **jeszcze mniejsze** przyciąganie. W efekcie każda część naszego ciała próbowałaby znaleźć się na innej orbicie.

Duży orbitujący obiekt – na przykład Księżyc – pod wpływem tego rodzaju sił pływowych zostałby rozerwany na kawałki w kształcie pierścieni [61]. Nam by to nie groziło, jednak nasza orbita byłaby chaotyczna i niestabilna.

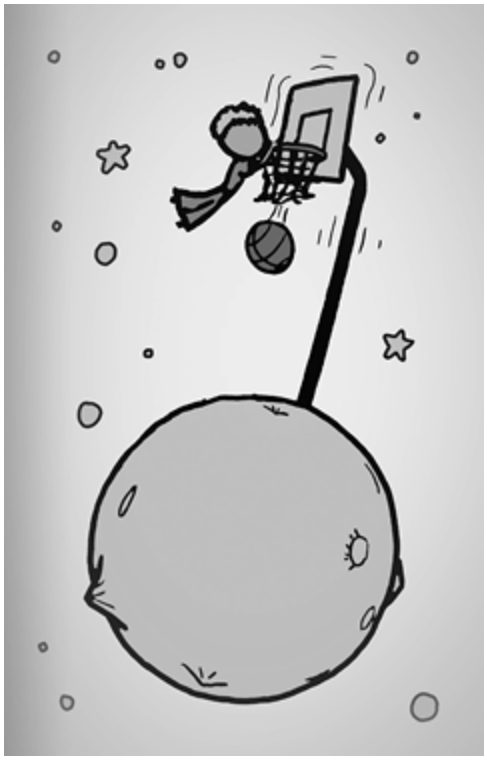
Taki rodzaj orbit został opisany w publikacji dwóch naukowców: Radu D. Rugescu i Daniele Mortari. Przeprowadzone przez nich symulacje pokazały, że duże, wydłużone obiekty poruszają się wokół ciała centralnego po orbitach o dziwnych kształtach. Nawet ich środki masy nie przemieszczają się tradycyjnie po elipsach; niektóre mają orbity

pięciokątne, inne natomiast poruszają się chaotycznie i zderzają z planetami.

Taka analiza mogłaby mieć praktyczne zastosowanie. Od lat słyszy się o pomysłach wykorzystania długich, wirujących lin – takich dryfujących wind kosmicznych – do przemieszczania ładunków w tak zwanych studniach grawitacyjnych. Liny te mogłyby służyć do transportu ładunków na powierzchnię Księżyca i z powrotem oraz sprowadzania statków kosmicznych ze skraju atmosfery ziemskiej. W projekcie tym dużym wyzwaniem byłaby naturalna niestabilność orbit wielu takich lin.

Jeśli chodzi o mieszkańców naszej supergęstej asteroidy, musieliby oni być bardzo ostrożni; gdyby biegali za szybko, groziłoby im wejście na orbitę, koziołkowanie i utrata lunchu.

Na szczęście skakanie do góry byłoby jak najbardziej w porządku.



Wielbiciele francuskiej literatury dziecięcej z okolic Cleveland byli rozczarowani decyzją Małego Księcia o podpisaniu kontraktu z Miami Heat.

Upadek steku

Z jakiej wysokości trzeba by upuścić stek, aby w chwili uderzenia o ziemię był już usmażony?

ALEX LAHEY

MAM NADZIEJĘ, ŻE LUBICIE steki Pittsburgh Rare [62]. I że po zakupie musicie je rozmrażać.

Obiekty powracające z Kosmosu silnie się nagrzewają. Gdy już wejdą w atmosferę ziemską, powietrze nie ma wystarczająco dużo czasu, aby usunąć im się z drogi, i ulega sprężaniu przed obiektem, co prowadzi do wzrostu jego temperatury. Zgodnie z zasadą opartą na praktyce ten wzrost temperatury zaczynamy zauważać powyżej prędkości dwóch machów (właśnie dlatego concorde miał krawędzie skrzydeł zrobione z materiału odpornego na wysoką temperaturę).

Gdy spadochroniarz Felix Baumgartner skoczył z wysokości 39 kilometrów, osiągnął prędkość jednego macha na wysokości około 30 kilometrów. Wystarczyło to do podgrzania powietrza o kilka stopni, ale jego temperatura wciąż była poniżej zera, nie miało to więc większego znaczenia. W początkowej fazie lotu temperatura powietrza wynosiła około

minus 40 stopni. Jest to taki magiczny punkt na skali termometru, gdy nie potrzebujemy informacji o jednostce pomiaru temperatury, ponieważ wartość ta jest taka sama w stopniach Celsjusza i Fahrenheita.

O ile mi wiadomo, pytanie o stek pojawiło się najpierw na stronie 4chan i wywołało długą dyskusję, która szybko zamieniła się w wywody niedoinformowanych fizyków pomieszane z homofobicznymi komentarzami. Debata ta nie doprowadziła do żadnej rozsądnej konkluzji.

Aby uzyskać lepszą odpowiedź, postanowiłem przeprowadzić serię symulacji polegających na upuszczaniu steku z różnych wysokości. Stek ważący 0,2 kilograma ma rozmiar i kształt krążka hokejowego, dlatego też wartości współczynnika oporu steku zaczerpnąłem ze strony 74 książki *The Physics of Hockey*, której autor Alain Haché sam wykonał wiele pomiarów w laboratorium. Stek nie jest krążkiem hokejowym, ale dokładne określenie współczynnika oporu nie miało zasadniczego wpływu na końcowy wynik obliczeń.

Odpowiedź na tego typu pytania wymaga często analizowania niezwykłych obiektów w ekstremalnych warunkach, dlatego też odpowiednie badania naukowe można znaleźć w wojskowych opracowaniach z czasów zimnej wojny. (Najwyraźniej rząd USA przeznaczał masę pieniędzy na wszystko, co miało nawet luźny związek z badaniami nad bronią). Aby mieć jakiekolwiek pojęcie o tym, w jakim stopniu powietrze podgrzałoby stek, skorzystałem z publikacji dotyczących rozgrzewania się nosów rakiet ICBM podczas wchodzenia w atmosferę ziemską. Najbardziej pomocne okazały się dwie z nich: *Predictions of Aerodynamic Heating on Tactical Missile Domes* i *Calculation of Reentry-Vehicle Temperature History*.

W końcu musiałem dokładnie określić, jak szybko ciepło rozchodzi się wewnątrz steku. Zacząłem od przeglądania publikacji o przemysłowej

produkcji żywności, w których przeprowadzano symulacje przepływu ciepła przez rozmaite kawałki mięsa. Po pewnym czasie zorientowałem się, że istnieje o wiele prostszy sposób, aby dowiedzieć się, jakie kombinacje czasu i temperatury są potrzebne, aby skutecznie podgrzać różne warstwy steku: trzeba to sprawdzić w książce kucharskiej.

Wspaniała książka Jeffa Pottera *Cooking for Geeks* stanowi świetne wprowadzenie do nauki o przyrządzaniu mięsa i wyjaśnia, jaki wpływ na stek mają różne temperatury podgrzewania oraz dlaczego tak się dzieje. Pomocna była także wydana przez Cook's Illustrated *The Science of Good Cooking*.

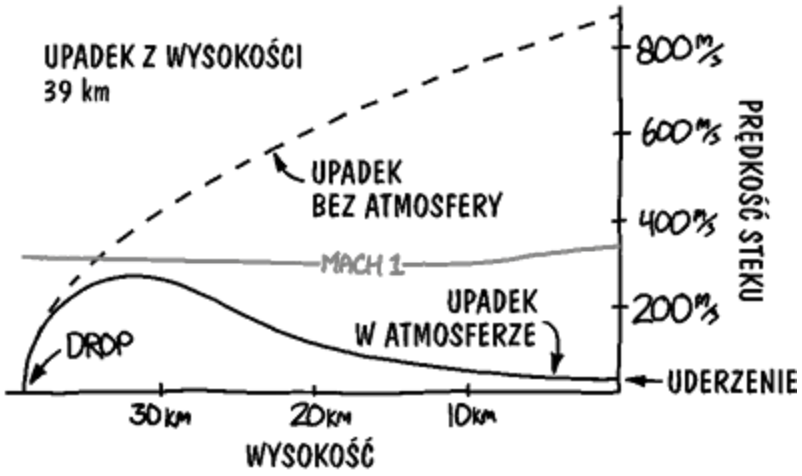
Po zebraniu tych wszystkich informacji okazało się, że stek przyśpieszałby z dużą prędkością do wysokości około 30–50 kilometrów nad ziemią; później powietrze byłoby już na tyle gęste, że zacząłby zwalniać swój lot. Prędkość spadającego steku zmniejszałaby się stopniowo w miarę zwiększania się gęstości powietrza. Nieważne, jak prędko by się poruszał, wchodząc w niższe warstwy atmosfery, ponieważ i tak szybko zwolniłby do prędkości granicznej. Niezależnie od wysokości, z jakiej upuścilibyśmy stek, pokonanie ostatnich 25 kilometrów do powierzchni ziemi zajęłoby mu od sześciu do siedmiu minut.

Na znacznym odcinku tych ostatnich 25 kilometrów powietrze ma temperaturę poniżej zera – co oznacza, że przez sześć do siedmiu minut stek byłby poddawany bezlitosnym, mroźnym podmuchom wiatru o sile huraganu. I nawet jeśli podczas spadania zostałby najpierw usmażony, to i tak po wylądowaniu na ziemi prawdopodobnie trzeba by go było rozmrozić.

Kiedy stek w końcu uderzyłby w ziemię, leciałby z prędkością graniczną – około 30 metrów na sekundę. Żeby mieć pojęcie, jakie byłyby tego konsekwencje, wyobraźmy sobie stek rzucony o ziemię przez miotacza

z baseballowej Major League. Nawet częściowo zamrożony stek natychmiast rozpadłby się na kawałki. Gdyby jednak wylądował w wodzie, błocie albo na stercie liści, to pewnie nic by mu się nie stało [63].

W odróżnieniu od Feliksa, stek upuszczony z wysokości 39 kilometrów prawdopodobnie nie przekroczyłby bariery dźwięku. Nie byłby także znacząco podgrzany. To ma sens – przecież kombinezon Feliksa nie był spalony po lądowaniu.



Steki prawdopodobnie wytrzymałyby przejście przez barierę dźwięku. Oprócz Feliksa więcej na ten temat mogliby powiedzieć również piloci, którzy przeżyli katapultowanie przy ponaddźwiękowych prędkościach. Aby przekroczyć barierę dźwięku, stek musiałby być upuszczony z wysokości 50 kilometrów. Ale to wciąż za mało, aby go usmażyć.

Trzeba wznieść się jeszcze wyżej.

Stek upuszczony z wysokości 70 kilometrów będzie spadał wystarczająco szybko, aby przez krótki czas być poddanym działaniu powietrza o temperaturze 175°C. Niestety, ten podmuch rzadkiego powietrza trwałby tylko minutę – i każdy, kto ma jakiekolwiek pojęcie o gotowaniu, wie, że stek umieszczony na tak krótko w piekarniku nagrzanym do 175°C nie zostanie usmażony.

Jeśli wzniesiemy się na wysokość 100 kilometrów – czyli formalnie rzecz biorąc, do granicy Kosmosu – sytuacja będzie wyglądać niewiele lepiej. Przez półtorej minuty stek będzie się poruszał z prędkością ponad dwóch machów i jego powierzchnia prawdopodobnie zostanie osmalona, ale zewnętrzne ciepło zamieni się w lodowaty podmuch stratosfery zbyt szybko, aby stek mógł zostać usmażony.

Przy naddźwiękowych i hiperdźwiękowych prędkościach wokół steku powstałaby fala uderzeniowa, chroniąca go przed coraz silniejszymi wiatrami. Dokładna charakterystyka takiej fali – i tym samym mechanicznego nacisku na stek – zależałaby od tego, jak przy takich prędkościach obracałby się w powietrzu surowy kawał mięsa o masie 0,2 kilograma. W dostępnej mi literaturze nie znalazłem odpowiedzi na to pytanie.

Na potrzeby naszej symulacji założyłem, że przy niższych prędkościach wiry powietrza obracałyby stek wokół osi, podczas gdy przy prędkościach hiperdźwiękowych przyjąłby on mało stabilny, elipsoidalny kształt. Jest to jednak tylko moje przypuszczenie. Jeśli ktokolwiek umieści stek w tunelu z wiatrem o hiperdźwiękowej prędkości, aby uzyskać bardziej konkretne dane, proszę przesłać mi nagrania.

Po zrzuceniu steku z wysokości 250 kilometrów zaczyna się robić gorąco; to już, jakkolwiek by patrzeć, niska orbita okołoziemska. Jednak upuszczony z martwego punktu stek nie będzie spadał tak szybko jak poruszający się obiekt, który opuszczałby orbitę okołoziemską. Nasz stek osiągnąłby maksymalną prędkość sześciu machów, a jego powierzchnia mogłaby nawet zostać przyjemnie podsmażona. Niestety, jego wnętrze wciąż pozostawałoby surowe. Chyba że zacząłby wirować z tą prędkością i wówczas rozerwałby się na kawałki.

Przy upadku z większych wysokości ciepło zaczyna mieć naprawdę istotne znaczenie. Fala uderzeniowa przed stekiem osiągnęłaby temperaturę tysięcy stopni (zarówno w skali Fahrenheita, jak i Celsjusza). Z tak wysoką temperaturą jest następujący kłopot: spowodowałaby ona całkowite spalenie się powierzchni steku, czyli praktyczne zwęglenie.

Zwęglenie mięsa to naturalne następstwo wrzucenia go do ognia. Przy hiperdźwiękowych prędkościach mielibyśmy jednak kłopot, ponieważ zwęglona, zewnętrzna warstwa mięsa nie byłaby dość zwarta i wiatr rozerwałby ją na kawałki, odsłaniając kolejną warstwę, która również uległaby zwęgleniu. (Przy odpowiednio wysokiej temperaturze podmuch powietrza po prostu zerwałby powierzchnię steku i ugotował ją próżniowo. W materiałach dotyczących rakiet ICBM nazywa się to ablacją).

Stek upuszczony nawet z tak dużej wysokości wciąż nie przebywałby wystarczająco długo w temperaturze umożliwiającej jego całkowite usmażenie [64]. Moglibyśmy próbować coraz większych prędkości i wydłużać czas ekspozycji steku, rzucając go pod kątem z orbity okołoziemskiej.

Gdyby temperatura była wystarczająco wysoka, a czas przysmażania wystarczająco długi, stek ulegałby stopniowej dezintegracji – w miarę jak jego zewnętrzne warstwy zwęglałyby się i odpadały. Nawet gdyby większa

część naszego kawałka mięsa spadła na ziemię, jego wnętrze wciąż byłoby surowe.

Dlatego też powinniśmy upuścić stek nad Pittsburghiem.

Jak mówi prawdopodobnie apokryficzna anegdota, hutnicy z Pittsburgha zwykli kłaść steki na wypolerowanej płaszczyźnie metalu wyjeżdżającego z odlewni. Przysmażali w ten sposób ich zewnętrzną powierzchnię, a wnętrze pozostawiali surowe. Stąd prawdopodobnie pochodzi nazwa „Pittsburgh Rare”.

Zrzućcie więc swój stek z rakiety suborbitalnej, wyślijcie po niego ekipę, a potem wyszczotkujcie go, odetnijcie wszystkie zwęglone fragmenty i wgryźcie się w niego.

Tylko uważajcie na salmonellę. I na wirusy z Andromedy.

Krążek hokejowy

Jak mocno trzeba by uderzyć krążek hokejowy, żeby trafiony nim bramkarz wpadł w siatkę bramki?

TOM

W RZECZYWISTOŚCI NIC PODOBNEGO NIE MOŻE SIĘ ZDARZYĆ.

I nie chodzi o to, że uderzenie w krążek nie jest wystarczająco mocne. W tej książce nie przejmujemy się takimi ograniczeniami. Zawodnicy nie są w stanie uderzyć krążka kijem hokejowym z prędkością większą niż 50 metrów na sekundę, ale my możemy przyjąć, że prędkość nadają mu hokejowe roboty, sanki o napędzie elektrycznym lub hiperdźwiękowe działo na lekki gaz.

Jednak prawdziwy problem polega na tym, że zawodnicy są znacznie cięższi niż krążki hokejowe. Bramkarz w pełnym rynsztunku waży około 600 razy więcej niż krążek. Nawet najszybciej uderzony krążek ma mniejszy pęd niż dziesięciolatek jadący na łyżwach z prędkością 1,5 kilometra na godzinę.

Hokeiści potrafią także bardzo mocno zaprzeć się łyżwami o lód. Droga hamowania łyżwiarza jadącego z maksymalną prędkością wynosi kilka metrów, co oznacza, że siła, jaką działa on na lód, jest znaczna. (Z tego wynika, że jeśli zaczęlibyśmy powoli obracać lodowisko, to można by je przechylić nawet o 50 stopni, zanim wszyscy gracze zsunęliby się na dół).

Postarałem się oszacować prędkości zderzeń krążków z hokeistami na podstawie filmów o hokeju i wskazówek samych graczy. Obliczyłem, że ważący 165 gramów krążek musiałby się poruszać z prędkością od dwóch do ośmiu machów, aby wepchnąć bramkarza w siatkę bramki – szybciej, jeżeli bramkarz byłby przygotowany na uderzenie, wolniej, gdyby krążek trafił w niego pod kątem. Nadanie obiektowi prędkości ośmiu machów nie przedstawia samo w sobie większej trudności. Jedną z lepszych metod jest wspomniane wcześniej hiperdźwiękowe działo gazowe, które działa w istocie na tej samej zasadzie co wiatrówka [65].

Niestety, poruszający się z taką prędkością krążek hokejowy napotkałby wiele problemów, począwszy od tego, że powietrze znajdujące się przed nim byłoby ściskane i bardzo szybko by się nagrzewało. Krążek nie przemieszczałby się wprawdzie na tyle szybko, żeby zjonizować powietrze i pozostawić za sobą jarzący się ślad jak meteor, ale jego powierzchnia mogłaby (po wystarczająco długim locie) ulec stopieniu i zwęgleniu. Opór powietrza bardzo szybko wyhamowałby krążek opuszczający wyrzutnię z prędkością ośmiu machów. W chwili dotarcia do celu leciałby on już znacznie wolniej. Jednak nawet krążek lecący z prędkością ośmiu machów prawdopodobnie nie przebiłby ciała bramkarza. W momencie uderzenia rozerwałby się na kawałki z siłą dużej petardy lub małej laski dynamitu.

Założę się, że gdy czytaliście po raz pierwszy to pytanie, tak jak ja wyobrazilibyście sobie krążek przebijający ciało na wylot – podobnie wygląda to w komiksach. Dzieje się tak, ponieważ intuicja nie podpowiada

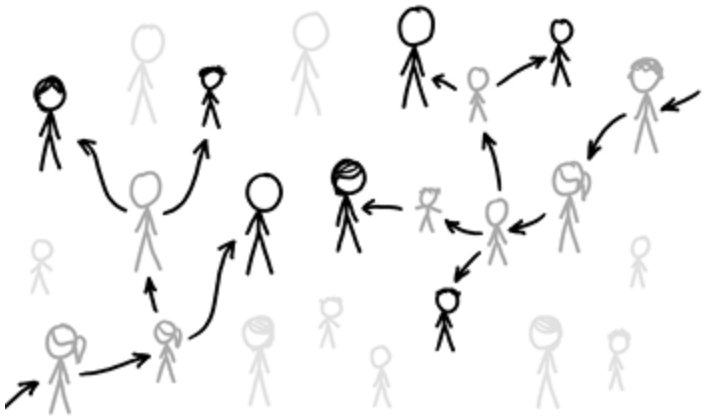
nam dokładnie, jak zachowują się różne materiały przy dużych prędkościach. Bardziej precyzyjny obraz sytuacji daje następujący przykład: wyobraźmy sobie, że rzucamy dojrzałym pomidorem w tort – najmocniej, jak potrafimy.

Wyglądałoby to mniej więcej tak:

Zwykłe przeziębienie

Czy gdyby wszyscy mieszkańcy Ziemi przez kilka tygodni nie kontaktowali się ze sobą, zwykłe przeziębienie zniknęłoby z powierzchni naszej planety?

SARAH EWART



A CZY TA GRA JEST WARTA ŚWIECZKI?

Zwykłe przeziębienie powodowane jest przez wiele różnych wirusów, ale głównym winowajcą są rinowirusy [66]. Atakują one komórki nosa

i gardła, a potem wykorzystują je do wytwarzania kolejnych wirusów. Po kilku dniach układ odpornościowy wykrywa je i niszczy [67], a my w tym czasie zdążamy zarazić średnio jedną osobę [68]. Po zwalczeniu infekcji jesteśmy na wiele lat uodpornieni na ten konkretny szczep wirusa.

Gdyby Sarah poddała nas wszystkich kwarantannie, wirusy przeziębienia, których jesteśmy nosicielami, nie mogłyby znaleźć kolejnych gospodarzy. Czy nasze układy odpornościowe zniszczyłyby każdą kopię wirusa?

Zanim odpowiem na to pytanie, zastanówmy się nad praktycznymi konsekwencjami takiej kwarantanny. Łączna wartość rocznej światowej produkcji wynosi około 80 bilionów dolarów, co oznacza, że ustanie wszelkiej aktywności zawodowej na kilka tygodni mogłoby kosztować nas wiele bilionów dolarów. Wstrząs gospodarczy spowodowany taką ogólnoświatową „przerwą w pracy” mógłby z łatwością doprowadzić do globalnego kryzysu.

Całkowite światowe rezerwy żywności są prawdopodobnie wystarczająco duże, aby zapewnić nam pożywienie na cztery czy pięć tygodni kwarantanny, ale żywność musiałaby być rozdzielona wcześniej. Prawdę mówiąc, nie mam pojęcia, co zrobiłbym z 20-dniowym zapasem ziarna gdzieś na środku pola.

Przy okazji dyskusji o ogólnoświatowej kwarantannie nasuwa się kolejne pytanie: jak bardzo musielibyśmy być faktycznie od siebie **oddaleni**? Świat jest duży[potrzebne źródło], ale mieszka na nim mnóstwo ludzi[potrzebne źródło]. Gdybyśmy podzielili całą powierzchnię Ziemi na równe kawałki, każdy z nas miałby dla siebie nieco ponad dwa hektary, najbliższa osoba zaś znajdowałaby się 77 metrów od nas.

Te 77 metrów stanowi prawdopodobnie wystarczająco duży dystans, aby zapobiec rozprzestrzenianiu się rinowirusów, miałoby to jednak swoje konsekwencje. Duża część naszej planety nie jest przyjemnym miejscem na kilkutygodniowe wakacje. Wielu z nas utknęłoby na Saharze [69] albo w głębi Antarktydy [70].

Bardziej praktycznym – choć niekoniecznie tańszym – rozwiązaniem byłoby rozdanie wszystkim kombinezonów zabezpieczających przed czynnikami biologicznymi. Dzięki temu moglibyśmy spacerować i kontaktować się ze sobą, a nawet pozwalać sobie na prowadzenie niektórych rodzajów normalnej działalności gospodarczej.

Odłóżmy jednak na bok stronę praktyczną takiego rozwiązania i zadajmy Sarah następujące pytanie: „Czy to by **zadziałało**?”.

Aby znaleźć na nie odpowiedź, zwróciłem się do profesora Iana M. Mackaya, specjalisty w zakresie wirusologii z Australijskiego Centrum Badania Chorób Zakaźnych (Australian Infectious Diseases Research Centre) na uniwersytecie w Queensland [71]. Dr Mackay uznał, że z czysto biologicznego punktu widzenia taki pomysł jest do pewnego stopnia rozsądny. Stwierdził, że rinowirusy – oraz inne wirusy RNA atakujące układ oddechowy – są całkowicie eliminowane z naszego organizmu przez układ odpornościowy i po zwalczeniu infekcji znikają bez śladu. Co więcej, rinowirusy nie przenoszą się z ludzi na zwierzęta i na odwrót, co oznacza, że inne gatunki nie przechowają w sobie naszych przeziębień. Rinowirusy wymierają, jeśli brakuje ludzi, między którymi mogłyby się przenosić.

Obserwowaliśmy już takie wymieranie wirusów w izolowanych populacjach ludzkich. Odległe wyspy St Kilda, położone na północny zachód od Szkocji, przez setki lat zamieszkiwało około 100 osób. Do wysp tych przybijało tylko kilka statków rocznie, a mieszkańcy cierpieli na niezwykłą chorobę, zwaną c*natan-na-gall* lub „okrętowym kaszlem”. Przez kilka wieków nawiedzała ona wyspy za każdym razem, gdy do ich brzegów przybijał jakiś statek. Dokładna przyczyna tych epidemii jest nieznana [72],

ale za wiele z nich prawdopodobnie odpowiadały rinowirusy. Każdym kolejnym statkiem przypływał nowy szczep wirusa, który rozprzestrzeniał się po wyspach, zarażając praktycznie każdego. Po kilku tygodniach wszyscy mieszkańcy nabywali na niego odporność, a wirus wymierał, bo nie miał się dokąd przenieść.

W ten sam sposób prawdopodobnie pozbylibyśmy się wirusów w każdej małej i odizolowanej populacji – na przykład w grupie rozbitków ze statku.

USIĄDŹCIE WYGODNIE I POSŁUCHAJCIE HISTORII
PAMIĘTNEJ PODRÓŻY KAPITANA SZTOSA,
KTÓREGO ZAŁOGA W PRZEDZIWNY SPOSÓB
POZBYŁA SIĘ KAPANIA Z NOSA.

Gdyby wszyscy mieszkańcy Ziemi zostali od siebie odizolowani, scenariusz z wysp St Kilda powtórzyłby się w skali globalnej. Po upływie tygodnia lub dwóch nasze przeziębienia rozwinęłyby się tak jak zwykle, a zdrowe układy odpornościowe miałyby mnóstwo czasu, aby zwalczyć wirusy.

Niestety, jest pewien haczyk, który niweczy cały plan: nie wszyscy mamy zdrowe układy odpornościowe.

U większości ludzi rinowirusy zostałyby usunięte z organizmu w ciągu mniej więcej 10 dni. Zupełnie inaczej wyglądałaby sytuacja u osób z osłabionym układem odpornościowym. W przypadku pacjentów po przeszczepie, których układy odpornościowe są sztucznie wspomagane, zwykłe infekcje – w tym także te spowodowane przez rinowirusy – mogą trwać tygodniami, miesiącami, a nawet latami. Te niewielkie grupy ludzi z osłabioną odpornością byłyby bezpiecznymi przystaniami dla rinowirusów. Szansa na ich całkowite wyeliminowanie jest niewielka; wystarczyłoby, żeby przetrwały w organizmach zaledwie kilku osób, a ponownie opanowałyby cały świat.

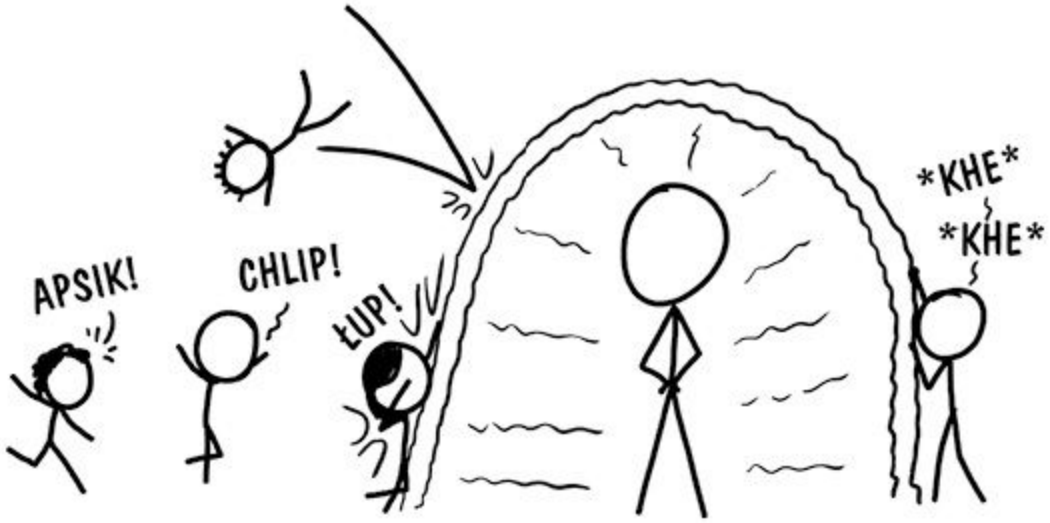
Plan Sarah prawdopodobnie doprowadziłby do upadku cywilizacji człowieka, ale wcale nie wyeliminowałby rinowirusów[73]. Miałoby to jednak swoje plusy!

Przeziębienia nie są przyjemne, ale ich brak mógłby być jeszcze gorszy. W książce *A Planet of Viruses* Carl Zimmer twierdzi, że dzieci, które nie

były nigdy narażone na kontakt z rinowirusami, mają więcej zaburzeń odporności niż dorośli. Możliwe więc, że łagodne infekcje doskonalą i regulują nasze systemy odpornościowe.

Z drugiej jednak strony przeziębienia naprawdę potrafią człowieka wkurzyć. Nie dość, że są nieprzyjemne, to jeszcze według niektórych badań infekcje spowodowane przez wirusy **osłabiają** również bezpośrednio nasze układy odpornościowe i w efekcie mogą prowadzić do dalszych infekcji.

Ogólnie rzecz biorąc, nie chciałbym sterczeć na środku pustyni przez pięć tygodni tylko po to, żeby na zawsze pozbyć się przeziębień. Jeśli jednak kiedykolwiek wynaleziona zostanie szczepionka przeciwko rinowirusom, będę pierwszy w kolejce.



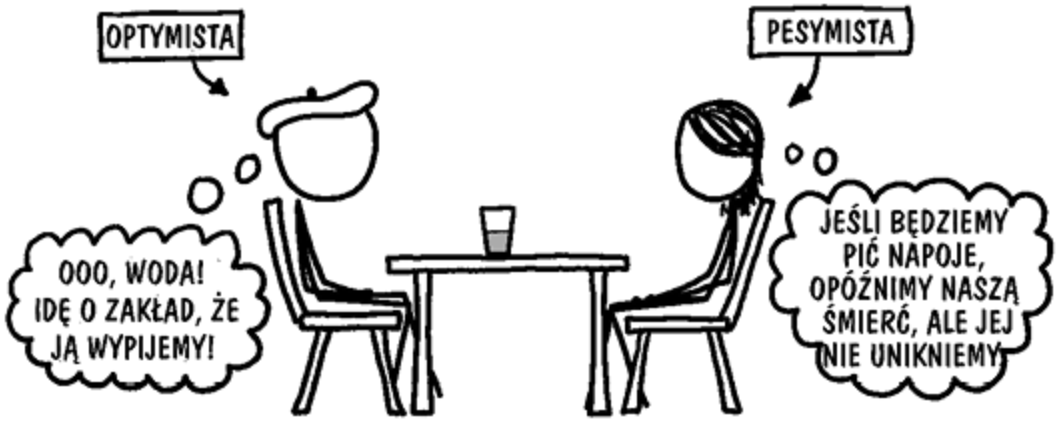
Szklanka w połowie pusta

Co by się zdarzyło, gdyby szklanka wody nieoczekiwanie stała się dosłownie w połowie pusta?

VITTORIO IACOVELLA

W TAKIM PRZYPADKU TO PESYMISTA PRAWDOPODOBNIE MIAŁBY rację, skoro przewidział, czym się to skończy, a nie optymista.

Gdy mówimy: „szklanka w połowie pusta”, mamy zwykle na myśli szklankę zawierającą równą ilość wody i powietrza.

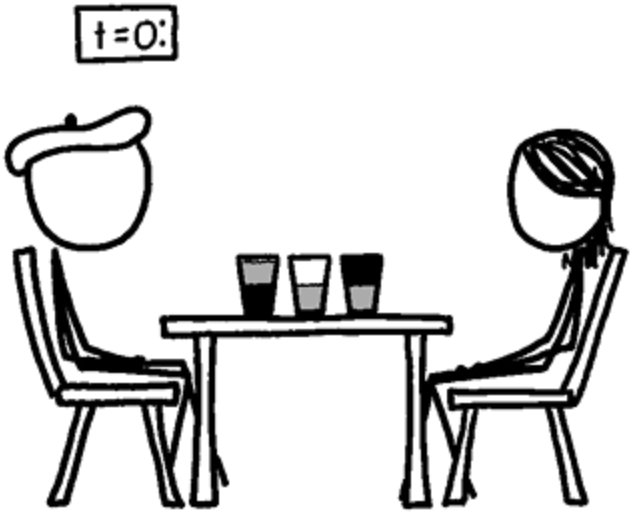

OPTYMISTA
PESYMISTA
OOO, WODA! IDĘ O ZAKŁAD, ŻE JĄ WYPIJEMY!
JEŚLI BĘDZIEMY PIĆ NAPOJE, OPÓŹNIMY NASZĄ ŚMIERĆ, ALE JEJ NIE UNIKNIEMY

Jak to zwykle bywa, optymista widzi szklankę w połowie pełną, podczas gdy dla pesymisty jest ona w połowie pusta. Te odmienne podejścia do problemu stały się pożywką dla powstania zyliona różnego rodzaju żartów – na przykład mówiących o tym, że inżynier widzi szklankę dwa razy za dużą, a surrealista żyrafę jedzącą krawat itp.

Co by się jednak stało, gdyby połowa szklanki **rzeczywiście** była pusta, czyli znajdowałaby się tam próżnia [74]? Z pewnością długo by się tam nie utrzymała. Co dokładnie by się stało, zależy od kluczowego pytania, którego zwykle nikt nie zadaje: **która** połowa szklanki jest właściwie pusta?

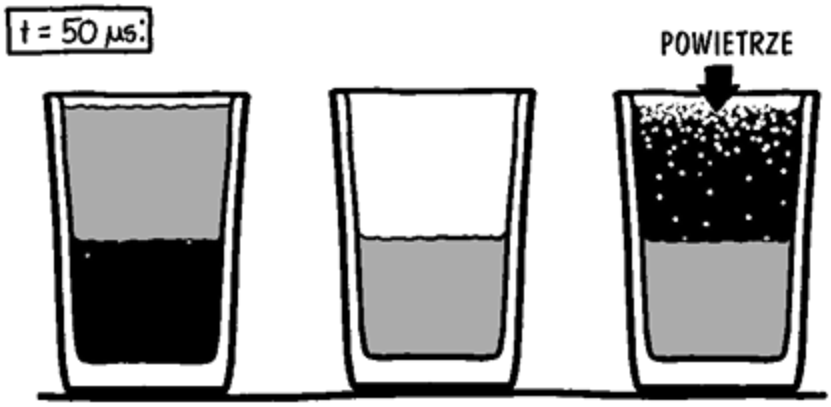
Wyobraźmy sobie trzy różne szklanki w połowie puste i zobaczmy, co będzie się z nimi działo, mikrosekunda po mikrosekundzie.

Pośrodku stoi szklanka wypełniona powietrzem i wodą. Po jej prawej stronie mamy szklankę, w której powietrze zastąpiono próżnią. Szklanka po lewej jest w połowie wypełniona wodą, a w połowie próżnią, lecz pusta jest jej dolna połowa.

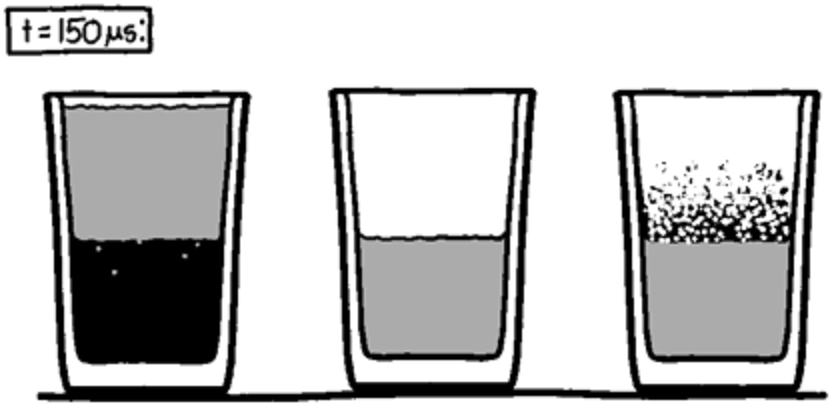


Wyobraźmy sobie teraz, że próżnia pojawia się w czasie t = 0.

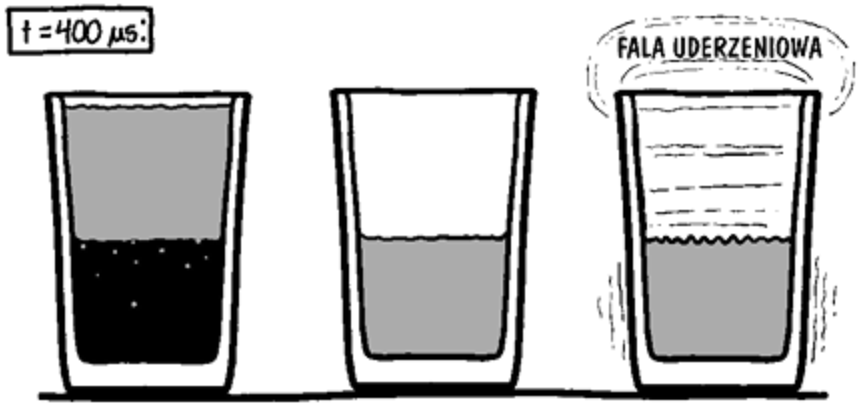
Przez pierwszych kilka mikrosekund nic się nie dzieje. Przez ten czas nawet cząsteczki powietrza są prawie nieruchome.



Cząsteczki powietrza podrygują przeważnie z prędkością kilkuset metrów na sekundę, jednak w każdej chwili jedne poruszają się szybciej od innych. Najszybsze osiągają prędkość ponad tysiąca metrów na sekundę. To właśnie one wpadają do próżni w szklance po prawej stronie. Próżnia w szklance po lewej ograniczona jest ze wszystkich stron, więc cząsteczki powietrza nie mogą się tam łatwo dostać. Woda, jako ciecz, nie rozpręża się tak jak powietrze, aby wypełnić próżnię. W obu szklankach zaczyna się jednak powoli gotować, a do próżni wydziela się przy tym para wodna.

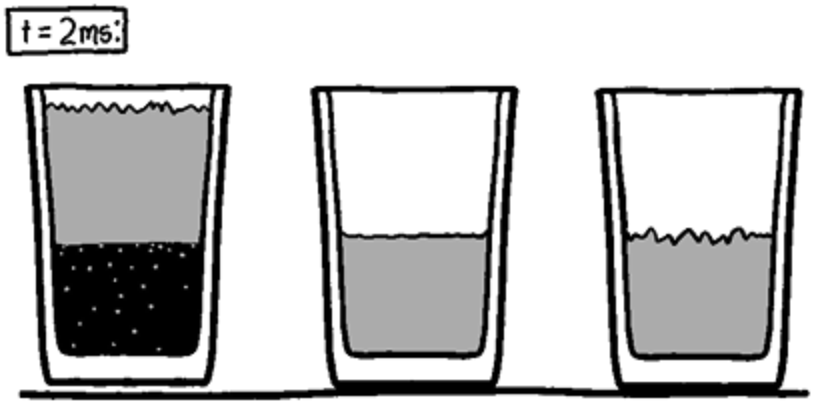


Podczas gdy woda w szklankach z próżnią stopniowo się wygotowuje, w szklance z prawej strony powietrze zaczyna blokować zachodzenie tego procesu. Szklanka z lewej w dalszym ciągu wypełnia się rzadką mgiełką wodną.

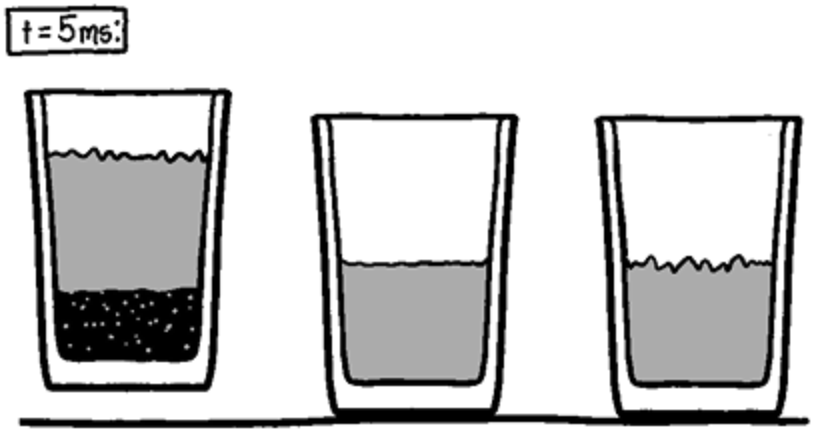


Po upływie kilkuset mikrosekund powietrze wpadające do szklanki po prawej całkowicie wypełnia próżnię i naciska na powierzchnię wody, co wywołuje w cieczy falę ciśnieniową. Boki szklanki nieznacznie się odkształcają, ale wytrzymują ciśnienie i nie pękają. Fala uderzeniowa rozchodzi się w wodzie i powraca ku górze, w kierunku powietrza, gdzie dołącza do powstałych już tam turbulencji.

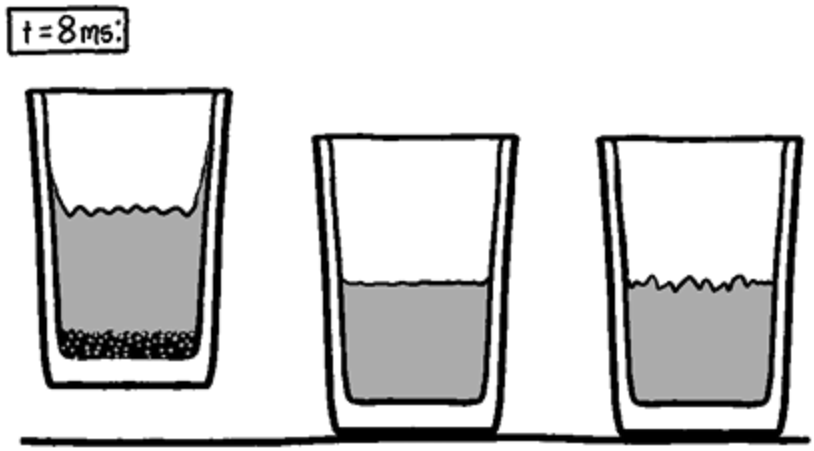
Razem z pozostałymi turbulencjami fala ta tworzy nową falę uderzeniową, która po upływie około milisekundy dociera do pozostałych szklanek. Pod jej wpływem szkło i woda lekko się uginają. Po upływie kolejnych kilku milisekund fala dociera do ludzkich uszu w postaci głośnego wybuchu.



Mniej więcej w tym momencie szklanka po lewej zaczyna w widoczny sposób unosić się w górę. Ciśnienie powietrza stara się sprasować ze sobą szkło z dna szklanki oraz wodę za pomocą siły ssącej. Próżnia w szklance po prawej nie utrzyma się wystarczająco długo, aby ssanie uniosło szklankę. Natomiast w szklance po lewej powietrze nie może przedostać się do próżni, dlatego też szkło z dna szklanki oraz woda zaczynają się do siebie przybliżać.

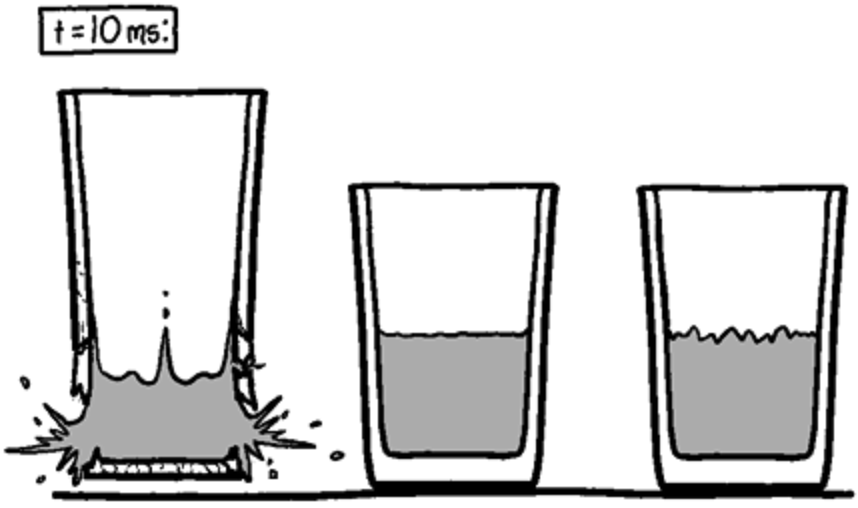


Niewielka ilość pary wodnej przedostaje się do próżni z gotującej się wody. W miarę zmniejszania się przestrzeni pomiędzy wodą a dnem szklanki gromadząca się w niej para wodna powoli zwiększa nacisk na powierzchnię wody. Prowadzi to w końcu do zmniejszenia intensywności gotowania się wody; w podobny sposób zadziałałoby wyższe ciśnienie powietrza.



W tym momencie szkło z dna szklanki i woda zbliżają się już jednak do siebie zbyt szybko, aby zwiększająca się ilość pary wodnej miała jakiekolwiek znaczenie. Po upływie niecałych 10 milisekund pędzą ku sobie z prędkością kilku metrów na sekundę. Bez rozdzielającej je poduszki powietrznej – a jedynie z resztkami pary wodnej – woda uderzy w dno szklanki jak młot.

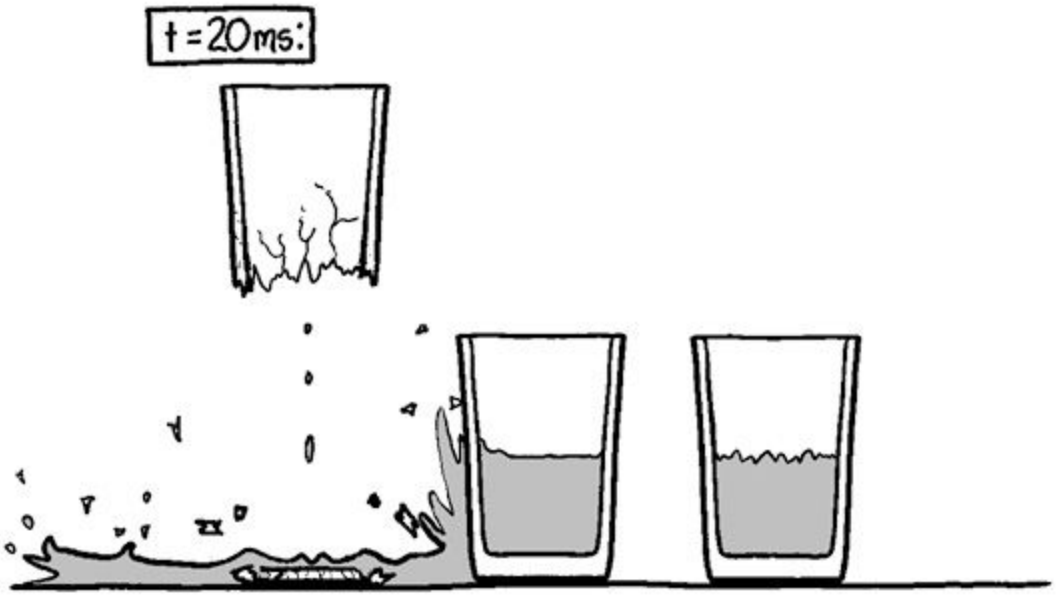
Woda jest niemal zupełnie nieściśliwa i dlatego uderzenie nie rozkłada się w czasie, tylko objawia w postaci pojedynczego nagłego wstrząsu. Siła działająca w danym momencie na szkło jest tak ogromna, że powoduje jego rozbicie.



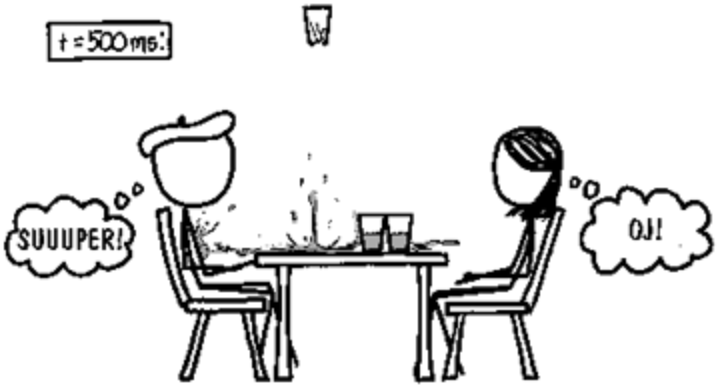
Taki sam efekt „młota wodnego” (odpowiadający również za „grzmoty”, które rozlegają się czasem w starej instalacji wodno-kanalizacyjnej, gdy odkręcamy kran) występuje w dobrze znanej z imprez sztuczce, polegającej na uderzaniu w butelkę od góry w celu oderwania jej denka.

Gdy uderzamy w butelkę, popychamy ją gwałtownie ku dołowi. Znajdująca się w środku ciecz – podobnie jak w naszym doświadczeniu – nie od razu reaguje na zasysanie (ciśnienie powietrza) i w butelce na moment pojawia się wolna przestrzeń. Jest ona niewielka – ma zaledwie ułamek centymetra szerokości – ale powstający przy jej zmniejszaniu się wstrząs rozbija dno butelki.

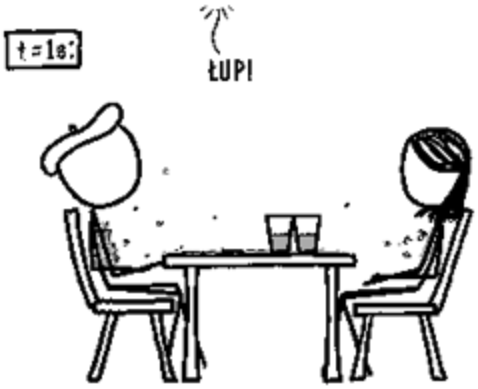
W naszym przypadku powstające siły byłyby wystarczająco duże, aby rozbić nawet najmocniejszą szklankę.



Dno szklanki zostaje wypchnięte przez wodę i z hukiem uderza w stół. Woda i szkło rozpryskują się na wszystkie strony. W tym czasie oderwana górna część szklanki nadal się unosi.

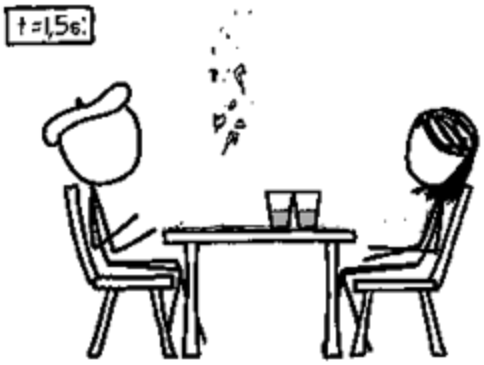


Po upływie pół sekundy obserwatorzy doświadczenia słyszą trzask, wzdrygają się, mimowolnie podnoszą głowy i obserwują wznoszącą się szklankę.

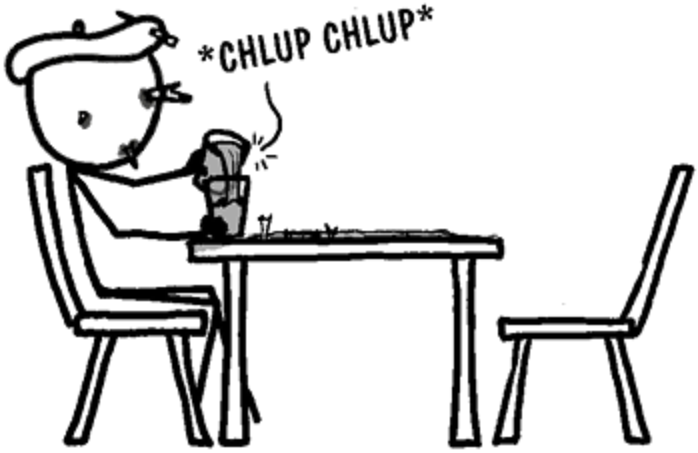


Szklanka ma wystarczająco dużą prędkość, aby po uderzeniu w sufit rozpaść się na kawałki…

…które wytracą pęd i spadną na stół.



Wniosek: jeżeli optymista mówi, że szklanka jest w połowie pełna, a pesymista, że jest w połowie pusta, fizyk robi unik.



Dziwne (i niepokojące) pytania z What if? Skrzynka odbiorcza nr 5

Czy zagrażające nam globalne ocieplenie i ochłodzenie klimatu spowodowane wybuchami superwulkanów nie mogłyby się wzajemnie zrównoważyć?

Florian Seidl-Schulz

JEŚLI ZOSTANIEMY NA DWORZE JESZCZE TROCHĘ DŁUŻEJ, DOSTANIEMY ODMROŻEŃ!
GORĄCZKA TO ZRÓWNOWAŻY, PRAWDA? JAK TO DOBRZE, ŻE SIĘ NIE ZASZCZEPIŁEM NA GRYPĘ.

Z jaką prędkością musielibyśmy biec, żeby przeciął nas na pół – na wysokości pępka – drut do krojenia sera?

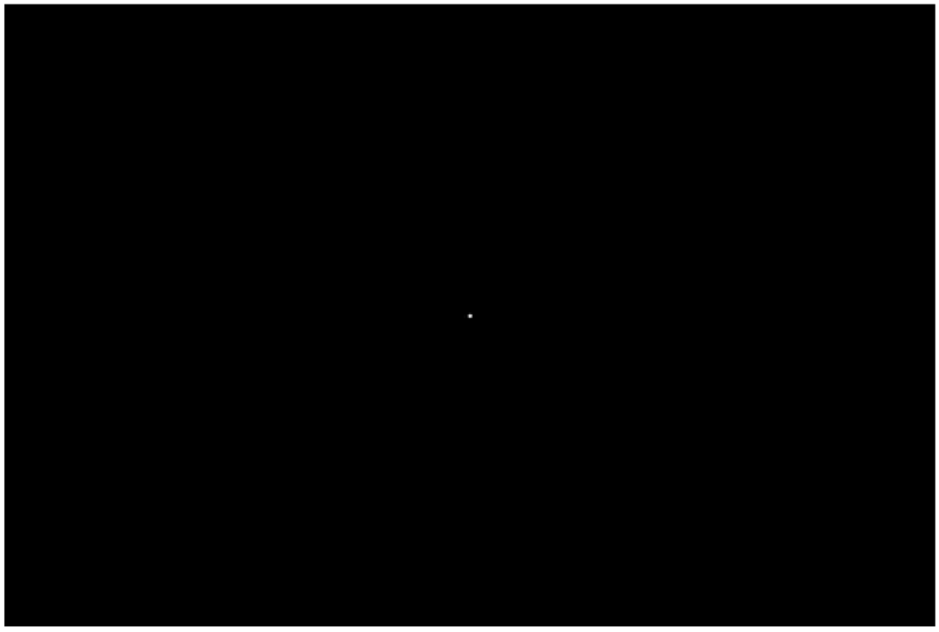
Jon Merrill

AAAAAAAAAAAAAA!!!

Astronomowie z Kosmosu

Załóżmy, że na najbliższej nadającej się do zamieszkania planecie pozasłonecznej istnieje życie, a jej mieszkańcy są równie zaawansowani technologicznie jak ludzie – co by zobaczyli, gdyby w tej właśnie chwili patrzyli na naszą gwiazdę?

CHUCK H



Spróbujmy udzielić na to pytanie jak najbardziej wyczerpującej odpowiedzi. Na początek…

Transmisje radiowe

Film *Kontakt* spopularyzował wizerunek obcych słuchających naszych audycji, nadawanych przez różne media. Jest jednak pewien problem: Wszechświat ma naprawdę wielkie rozmiary.

Można oczywiście rozpatrywać fizyczne aspekty międzygwiezdnego tłumienia fal radiowych [75], ale istotę problemu całkiem dobrze oddaje jego analiza ekonomiczna: jeśli nasz sygnał telewizyjny dociera do innych gwiazd, tracimy pieniądze. Zasilanie nadajnika jest kosztowne, a istoty pozaziemskie nie kupują produktów reklamodawców, z których żyją nasze stacje telewizyjne.

Pełen obraz sytuacji jest bardziej skomplikowany, lecz całość można podsumować stwierdzeniem, że w miarę rozwoju naszej techniki coraz mniej sygnałów radiowych będzie przedostawać się w przestrzeń kosmiczną. Likwidujemy obecnie ogromne anteny przekaźnikowe

i przestawiamy się na kable, światłowody oraz precyzyjnie ukierunkowane wieże sieci komórkowych.

Nasze sygnały telewizyjne rzeczywiście były przez pewien czas możliwe do wykrycia, choć wymagało to wielkich starań; jednak ta epoka już się kończy. Nawet u schyłku XX wieku, gdy telewizja i radio działały pełną parą, sygnały te prawdopodobnie zanikały niewykryte już po kilku latach świetlnych. Dotychczas odkryte i potencjalnie nadające się do zamieszkania planety pozasłoneczne są od nas odległe o dziesiątki lat świetlnych, więc raczej nikt tam nie powtarza naszych sloganów reklamowych [76].

Transmisje telewizyjne i radiowe nie były jednak źródłem najsilniejszych sygnałów. Przyćmiewały je wiązki **radarów wczesnego ostrzegania**. Radary wczesnego ostrzegania – produkty zimnej wojny – lokowane były w stacjach naziemnych w rejonie Arktyki oraz na latających tam samolotach. Stacje te przez całą dobę przeczesywały atmosferę potężnymi wiązkami radarowymi, które często odbijały się od jonosfery, a ludzie śledzili echa ruchów wroga [77].

Emitowane z radarów sygnały uciekały w Kosmos i prawdopodobnie mogłyby zostać przechwycone przez istoty zamieszkujące pobliskie planety pozasłoneczne, o ile ktokolwiek by ich tam nasłuchiwał w czasie przechodzenia wiązki przez te rejony. Ten sam postęp techniczny, który odesłał do lamusa wieże telewizyjne, miał podobny wpływ na radary wczesnego ostrzegania.

Współczesne systemy nadawcze – tam, gdzie się ich jeszcze używa – są o wiele „cichsze” i w końcu zostaną pewnie zastąpione przez całkiem nowe technologie.

Najsilniejszym sygnałem radiowym na Ziemi jest wiązka teleskopu Arecibo. Jego ogromna czasza znajduje się w Puerto Rico i może działać jak nadajnik radaru, którego sygnały odbijają się od nieodległych celów, takich jak Merkury czy pas asteroid. Jest on w gruncie rzeczy latarką, którą oświetlamy planety, żeby je lepiej widzieć. (Pomysł jest istotnie tak szalony, jak się wydaje). Jednak działa on tylko od czasu do czasu – wysyła wtedy wąską wiązkę sygnału. Jeżeli jakaś planeta pozasłoneczna znajdzie się w zasięgu takiej wiązki, a jej mieszkańcy szczęśliwym trafem akurat wtedy skierują swoją antenę odbiorczą na nasz fragment nieba, wychwycą jedynie krótki impuls radiowy, a potem zapadnie cisza [78]. Wobec tego hipotetyczni Obcy obserwujący Ziemię prawdopodobnie nie wykryliby nas za pomocą anten radiowych.

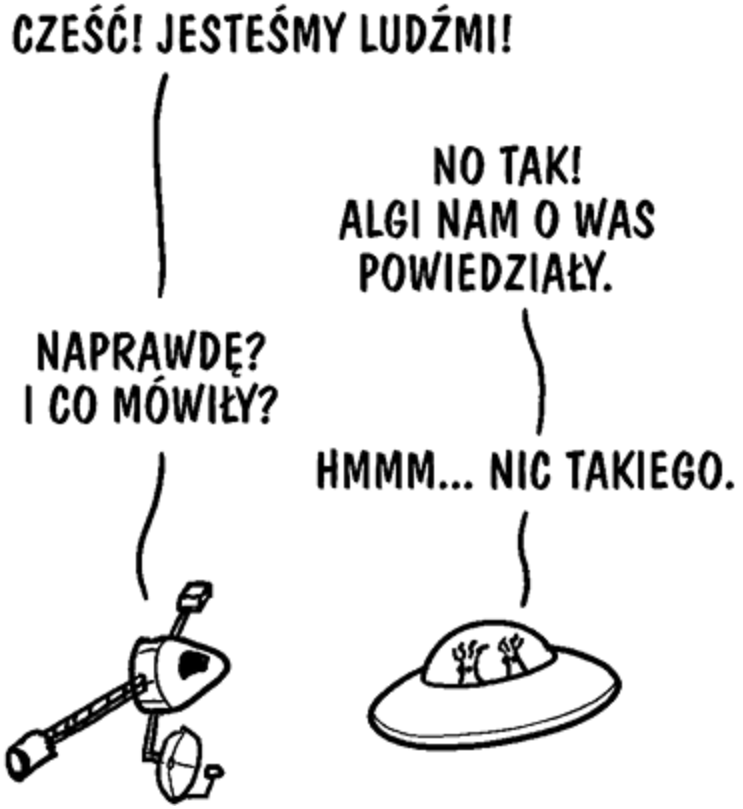
Jednak jest jeszcze…

Światło widzialne

I to już brzmi bardziej obiecująco. Słońce jest naprawdę jasne[potrzebne źródło], a jego światło rozświetla Ziemię[potrzebne źródło]. Część tego światła zwana światłem popielatym odbijana jest z powrotem w przestrzeń kosmiczną. Inna jego część przechodzi przez atmosferę, muska naszą planetę i leci dalej w kierunku gwiazd. Oba efekty świetlne mogłyby być potencjalnie zauważone z planet pozasłonecznych.

Nie powiedziałyby one nic o mieszkańcach Ziemi, ale po wystarczająco długiej obserwacji naszej planety można by na podstawie współczynnika odbicia dowiedzieć się całkiem sporo o atmosferze ziemskiej. Prawdopodobnie dałoby się na tej podstawie opisać cykle hydrologiczne; bogata w tlen atmosfera naszej planety sugerowałaby, że dzieje się tu coś dziwnego.

Ostatecznie okazuje się, że najbardziej czytelny sygnał z naszej planety wcale nie musiałby być dziełem człowieka. Mógłby pochodzić od alg, które przez miliardy lat terraformowały Ziemię, modyfikując sygnały wysyłane przez nas w przestrzeń kosmiczną.

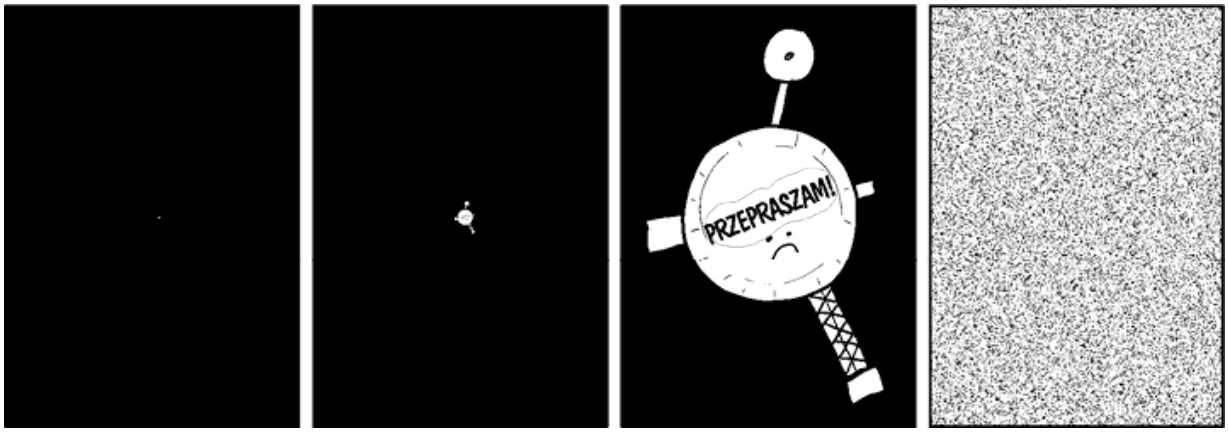


Heeeej, spójrz na zegarek. Pora lecieć dalej.

Oczywiście zawsze można wysłać mocniejszy sygnał. Sęk w tym, że aby odebrać transmisję radiową, trzeba by jej najpierw nasłuchiwać.

Moglibyśmy **zmusić** mieszkańców innych planet, żeby zwrócili na nas uwagę. Za pomocą silników jonowych, napędów nuklearnych lub studni grawitacyjnej Słońca moglibyśmy prawdopodobnie wysłać poza nasz Układ Słoneczny sondę kosmiczną, która za kilkadziesiąt tysiącleci dotarłaby do wybranej pobliskiej gwiazdy. Gdybyśmy jeszcze potrafili skonstruować układ nawigacyjny, który przetrwałby taką podróż (co nie byłoby proste), moglibyśmy udać się na każdą zamieszkaną planetę. Żeby bezpiecznie na niej wylądować, musielibyśmy zmniejszyć prędkość, co spowodowałoby większe zużycie paliwa. Jednak przecież chodziło nam o to, żeby nas ktoś zauważył, prawda?

Niewykluczone, że gdyby jacyś Obcy spojrzeli na nasz Układ Słoneczny, zobaczyliby coś takiego:



Brak DNA

Może zabrzmi to trochę makabrycznie, ale… gdyby czyjeś DNA nagle zniknęło, jak długo żyłaby taka osoba?

NINA CHAREST

GDYBYŚMY STRACILI SWOJE DNA, bylibyśmy od razu o 150 gramów lżejsi.

Utrata 150 gramów masy ciała

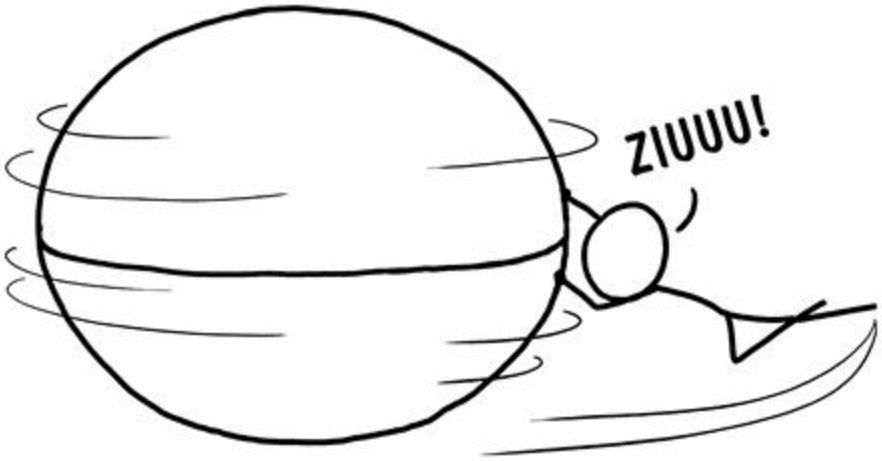
Nie polecam tej metody. Istnieją łatwiejsze sposoby na utratę tych 150 gramów, na przykład:

- zdjęcie koszuli,
- wysikanie się,
- obcięcie włosów,
- oddanie krwi (ale po pobraniu 150 ml zagnijcie kolanko rurki i nie pozwólcie sobie utoczyć ani kropli więcej),

• trzymanie w ręku balonu o metrowej średnicy wypełnionego helem,
• odcięcie sobie palców.

Sto pięćdziesiąt gramów wagi możemy również stracić, jeśli przemieścimy się z regionów polarnych do tropików. Dzieje się tak z dwóch powodów. Po pierwsze, Ziemia wygląda tak:

Gdy stoimy na biegunie północnym, znajdujemy się o 20 kilometrów bliżej środka Ziemi, niż gdybyśmy stali na równiku, i działa na nas silniejsze przyciąganie. Co więcej, gdy stoimy na równiku, jesteśmy wypychani na zewnątrz przez siłę odśrodkową [79].



Następstwem tych dwóch zjawisk jest to, że gdy podróżujemy między rejonami polarnymi a równikiem, możemy stracić lub przybrać około pół procent masy ciała.

Powód, dla którego przy braku DNA koncentruję się na masie ciała, jest następujący: utrata wagi na pierwszy rzut oka nie byłaby dla nas zauważalna. Prawdopodobnie coś byśmy poczuli – niewielką, równomierną falę uderzeniową – ale to wcale nie jest takie pewne.

Bez DNA podczas wstawania moglibyśmy poczuć lekki skurcz mięśni. Kiedy stoimy, nasze mięśnie cały czas pracują, aby utrzymać nas w pozycji pionowej. Używana przez nie siła nie uległaby zmianie, ale masa, na jaką by działały – czyli masa naszych kończyn – już tak. Ponieważ $F = ma$, różne części naszego ciała zaczęłyby delikatnie przyśpieszać. Potem prawdopodobnie czulibyśmy się zupełnie normalnie.

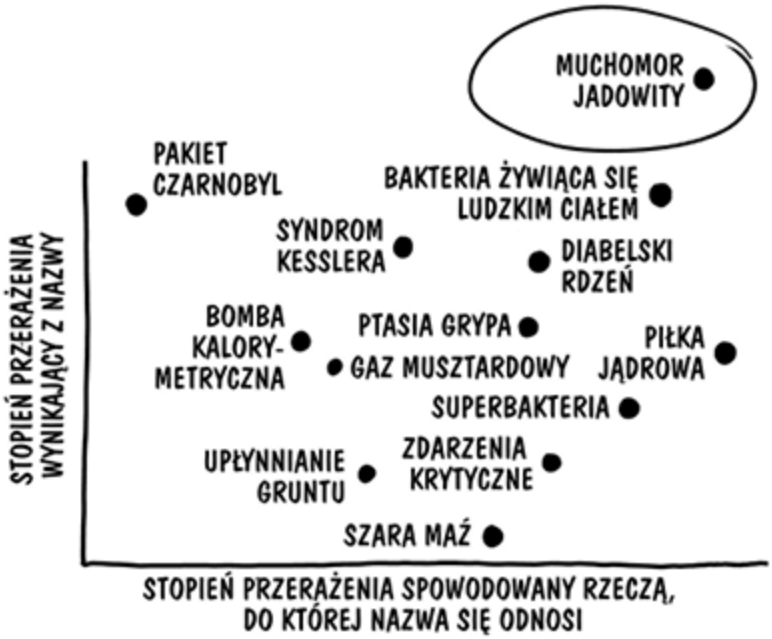
Jednak tylko przez chwilę.

Muchomor jadowity

Do tej pory nikt jeszcze nie utracił swojego DNA [80], trudno jest więc stwierdzić, jakie byłyby tego medyczne konsekwencje. Aby mieć

jakiekolwiek pojęcie na temat tego, jak mogłoby to wyglądać, zajmijmy się zatruciami wywołanymi przez grzyby.

Amanita bisporigera to gatunek grzyba występujący we wschodniej części Ameryki Północnej. Wraz z innymi pokrewnymi gatunkami występującymi w Ameryce i w Europie określany jest zwyczajową nazwą muchomor jadowity.



Muchomor jadowity jest małym, białym, niewinnie wyglądającym grzybem. Zawsze mi mówiono, żebym nie jadł grzybów znalezionych w lesie. A wszystko przez *Amanita* [81].

Po zjedzeniu muchomora jadowitego przez resztę dnia czulibyśmy się świetnie. W nocy lub rankiem następnego dnia pojawiłyby się objawy podobne do tych towarzyszących cholerze – wymioty, bóle brzucha i ostra biegunka. Potem znowu nastąpiłaby poprawa. W tym właśnie momencie zmiany w organizmie byłyby już prawdopodobnie nieodwracalne.

Grzyby z rodzaju *Amanita* zawierają amatoksynę, która związuje się z enzymem odczytującym informacje zapisane w DNA. Zaburza ona

działanie enzymu i skutecznie wstrzymuje proces, dzięki któremu komórki wykonują instrukcje zawarte w DNA.

Amatoksyna powoduje nieodwracalne zmiany we wszystkich komórkach, do których dociera. Ponieważ większość ciała człowieka składa się z komórek [82], jest to zła wiadomość. Śmierć następuje zwykle w wyniku niewydolności wątroby lub nerek, ponieważ są to pierwsze wrażliwe organy, w których toksyna się odkłada. Czasami można uratować pacjenta przez stosowanie intensywnej terapii i przeszczep wątroby, ale znaczna część osób umiera po zjedzeniu grzybów z rodzaju *Amanita*.

Straszną rzeczą związaną z zatruciem grzybami tego rodzaju jest faza względnego uspokojenia – w której wydaje nam się, że czujemy się świetnie (lub coraz lepiej), choć w tym czasie nasze komórki doznają nieodwracalnych i śmiertelnych uszkodzeń.

Takie są typowe skutki uszkodzenia DNA, my zaś chcielibyśmy się dowiedzieć, jak wyglądałoby to u kogoś, kto utracił całe DNA. Jeszcze lepiej obrazują tę sytuację dwa inne przykłady uszkodzenia DNA, spowodowane przez chemioterapię oraz promieniowanie.

Chemioterapia

Leki stosowane w chemioterapii działają „na ślepo”. Niektóre są bardziej precyzyjne od innych, ale wiele z nich po prostu zatrzymuje podział wszystkich komórek. W ten sposób niszczone są głównie komórki nowotworowe, ponieważ w przeciwieństwie do większości zwykłych komórek, które dzielą się tylko od czasu do czasu, dzielą się one bez przerwy.

Istnieją jednak i takie komórki ludzkie, które po prostu dzielą się bez przerwy. Te podlegające najszybszemu podziałowi znajdują się w szpiku kostnym, fabryce produkującej krew.

Szpik kostny jest również „centralą” układu odpornościowego człowieka. Bez niego organizm ludzki traci zdolność wytwarzania białych ciałek krwi i nasz układ odpornościowy przestaje działać. Chemioterapia uszkadza go, co czyni pacjentów chorych na raka podatnymi na przypadkowe infekcje [83].

W naszym ciele istnieją również inne rodzaje szybko dzielących się komórek. Komórki torebek włosa i wyścielające jamę brzucha dzielą się bez przerwy, dlatego też chemioterapia może powodować wypadanie włosów oraz mdłości.

Doksorubicyna, jeden z najczęściej stosowanych i najmocniejszych leków w chemioterapii, działa poprzez łączenie ze sobą przypadkowych segmentów DNA, które następnie ulegają splątaniu. Podobny efekt daje kapanie kropelkami kleju superglue na kłębek przędzy; DNA zostaje zbite w bezużyteczną plątaninę [84]. Początkowe efekty uboczne stosowania doksorubicyny, występujące w ciągu kilku dni od podania leku, to mdłości, wymioty i biegunka. Nie ma w tym nic dziwnego, ponieważ lek ten zabija komórki w układzie pokarmowym.

Utrata DNA spowodowałaby podobne obumieranie komórek i prawdopodobnie wywołałaby zbliżone objawy.

Promieniowanie

Duże dawki promieniowania gamma również są bardzo szkodliwe, ponieważ uszkadzają nasze DNA. W rzeczywistości choroba popromienna chyba najbardziej przypomina następstwa zrealizowania się scenariusza Niny. Podobnie jak to się dzieje w chemioterapii, najbardziej wrażliwe na promieniowanie są komórki znajdujące się w szpiku kostnym, a w drugiej kolejności te obecne w układzie pokarmowym [85].

W chorobie popromiennej, tak jak w przypadku zatrucia grzybami, występuje faza względnej stabilizacji. Organizm wciąż funkcjonuje, ale nie następuje synteza nowych białek i przestaje działać układ odpornościowy. W przypadku ostrej choroby popromiennej podstawową przyczyną śmierci jest zahamowanie funkcji układu odpornościowego. Organizm nie może uzupełniać liczby białych krwinek, więc nie jest w stanie zwalczać infekcji, a zwykła bakteria może dokonać w nim prawdziwego spustoszenia.

Wynik końcowy

Utrata DNA najprawdopodobniej doprowadziłaby do bólów brzucha, mdłości, zawrotów głowy, gwałtownego osłabienia układu odpornościowego i śmierci w ciągu dni lub godzin w wyniku szybko postępującej infekcji systemowej lub niewydolności wielu organów.

Z drugiej strony cała ta sytuacja miałaby przynajmniej jedną zaletę. Gdybyśmy kiedykolwiek dożyli dystopijnej przyszłości, w której orwellowskie rządy gromadziłyby nasze informacje genetyczne i wykorzystywały je potem do śledzenia i kontrolowania ludzi…

NA MIEJSCU WŁAMANIA ZNALEŹLIŚMY FRAGMENTY NASKÓRKA, ALE TESTY DNA DAŁY WYNIK NEGATYWNY.
CO, NIC NIE PASUJE?
NIC, ABSOLUTNIE NIC.

…bylibyśmy niewidzialni.

Międzyplanetarna Cessna

Co by się stało, gdybyśmy spróbowali przelecieć zwykłym samolotem nad innymi ciałami naszego Układu Słonecznego?

GLEN CHIACCHIERI

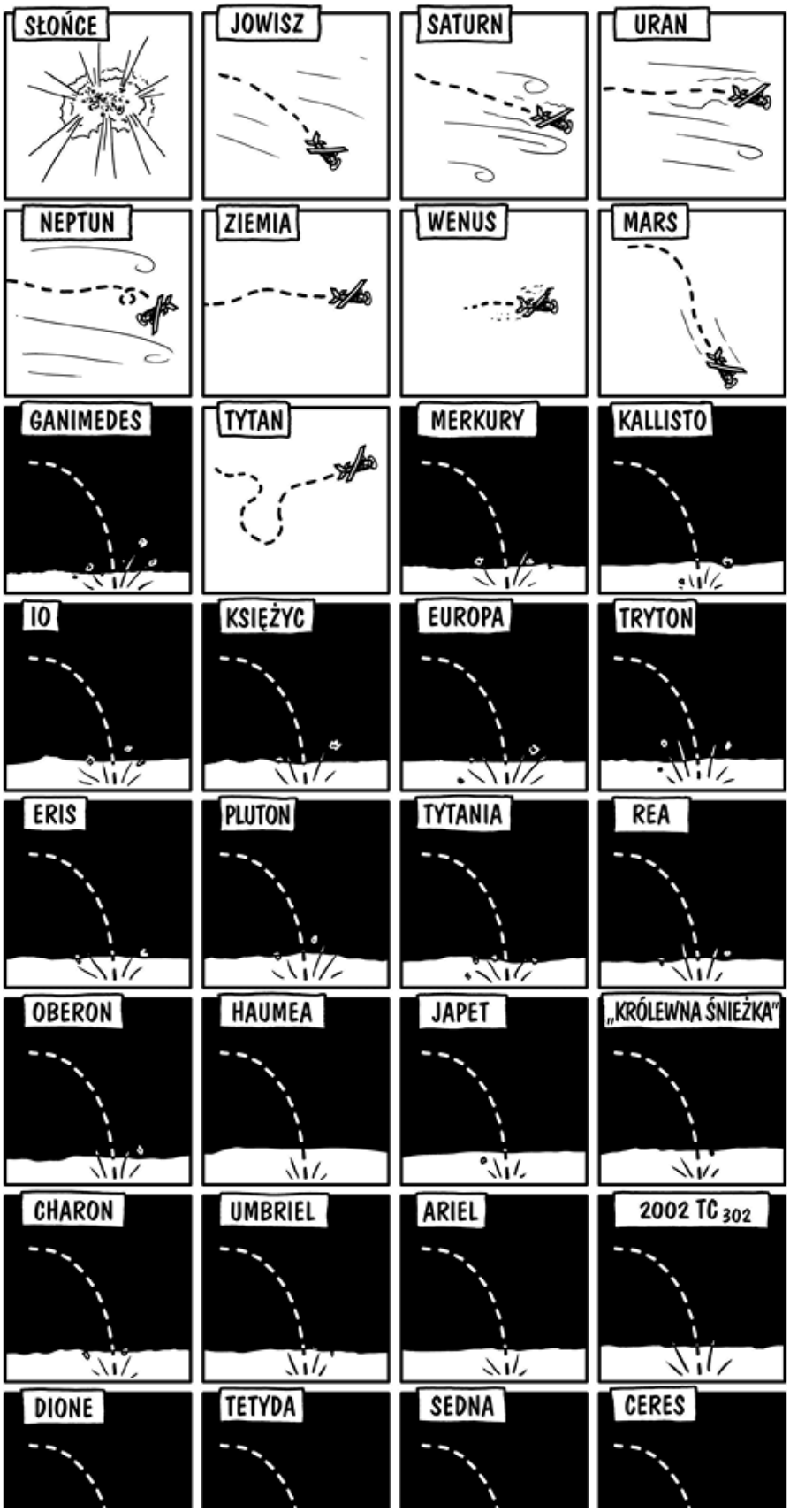
OTO NASZ SAMOLOT [86].

Musielibyśmy zastosować silnik elektryczny, ponieważ silniki spalinowe działają tylko w bliskim sąsiedztwie roślin zielonych. W światach bez roślinności tlen nie utrzymuje się w atmosferze, tylko łączy się z innymi pierwiastkami, w wyniku czego powstają na przykład dwutlenek węgla oraz rdza. Rośliny odwracają ten proces przez pobieranie ze związków

chemicznych tlenu i pompowanie go do powietrza. Silniki, aby działać, potrzebują tlenu w powietrzu [87].

Oto nasz pilot.

Oto co by się stało, gdyby nasz samolot został wypuszczony nad powierzchnią 32 największych ciał Układu Słonecznego.


SŁOŃCE
JOWISZ
SATURN
URAN
NEPTUN
ZIEMIA
WENUS
MARS
GANIMEDES
TYTAN
MERKURY
KALLISTO
IO
KSIĘŻYC
EUROPA
TRYTON
ERIS
PLUTON
TYTANIA
REA
OBERON
HAUMEA
JAPET
„KRÓLEWNA ŚNIEŻKA"
CHARON
UMBRIEL
ARIEL
2002 TC 302
DIONE
TETYDA
SEDNA
CERES

Większość z nich nie posiada atmosfery, więc samolot od razu spadłby na ziemię. Gdyby samolot został wypuszczony na wysokości kilometra lub mniejszej, w kilku przypadkach prędkość spadania byłaby na tyle niewielka, że pilot zdołałby przeżyć – ale system podtrzymywania życia prawdopodobnie już nie.

W Układzie Słonecznym znajduje się dziewięć ciał z atmosferą wystarczająco gęstą, aby miało to dla nas jakieś znaczenie: oczywiście Ziemia, a także Mars, Wenus, cztery gazowe olbrzymy, księżyc Saturna (Tytan) oraz Słońce. Zobaczmy, co się stanie z naszym samolotem, kiedy znajdzie się w ich pobliżu.

Słońce. Tu wszystko przebiegałoby dokładnie tak, jak się można spodziewać. Gdyby samolot został wypuszczony wystarczająco blisko Słońca, aby znaleźć się w jego atmosferze, wyparowałby w czasie krótszym niż jedna sekunda.

Mars. Aby się przekonać, co stałoby się z naszym samolotem na Marsie, sięgnijmy po X-Plane. Jest to najbardziej zaawansowany symulator lotu na świecie. Jego opracowanie trwało 20 lat i było owocem obsesyjnej pracy zagorzałych entuzjastów lotnictwa [88] oraz całej rzeszy zwolenników tego projektu. X-Plane symuluje przepływ powietrza wokół każdego elementu lecącego samolotu. To wartościowe narzędzie badawcze, ponieważ dzięki niemu można w precyzyjny sposób opracowywać całkowicie nowe projekty samolotów i przewidywać, jak będą się zachowywać w nowym środowisku.

Jeśli zmienimy ustawienia symulatora, zmniejszając grawitację, gęstość atmosfery oraz promień planety, możemy symulować lot samolotu na Marsie. X-Plane pokazuje, że lot na Marsie byłby trudny, ale nie niemożliwy. W NASA zdają sobie z tego sprawę i biorą pod uwagę badanie

tej planety za pomocą samolotu. Problemem jest rzadka atmosfera, w której, aby uzyskać siłę nośną, trzeba lecieć szybko. Aby wystartować z Marsa, trzeba osiągnąć prędkość zbliżoną do jednego macha. A gdy już oderwiemy się od powierzchni planety, nasza bezwładność będzie tak duża, że trudno będzie zmienić kurs – każda próba skrętu spowoduje tylko rotację samolotu, który nadal będzie poruszać się w tym samym kierunku. Twórca X-Plane'a porównuje pilotowanie samolotu na Marsie do lotu ponaddźwiękowym liniowcem oceanicznym.

Nasza cessna 172 nie sprostałaby takiemu wyzwaniu. Wypuszczona na wysokości kilometra nie osiągnęłaby wystarczająco dużej prędkości, aby wyjść z lotu nurkowego, i przeorałaby marsjańską glebę z prędkością 60 metrów na sekundę (216 kilometrów na godzinę). Cessna wypuszczona na wysokości czterech czy pięciu kilometrów leciałaby dostatecznie szybko, żeby rozpędzona do połowy prędkości dźwięku mogła przejść do lotu ślizgowego. Lądowania w takich warunkach nikt by jednak nie przeżył.

Wenus. X-Plane nie jest niestety w stanie symulować piekielnych warunków panujących w pobliżu powierzchni tej planety. Obliczenia fizyczne dają nam jednak pewne wyobrażenie, jak mógłby wyglądać taki lot. A oto ich rezultat: nasz samolot z początku leciałby całkiem dobrze, ale ponieważ przez cały czas by płonął, wkrótce przestałby lecieć, a następnie przestałby być samolotem.

Atmosfera Wenus ma gęstość ponad 60 razy większą od ziemskiej i dlatego cessna poruszająca się z prędkością przeciętnego biegacza uniosłaby się w powietrze. Niestety, temperatura jest tam tak wysoka, że stopiłaby ołów. Z samolotu po chwili zaczęłaby odpadać farba, różne jego elementy szybko przestałyby działać, a on sam rozpadłby się pod wpływem stresu termicznego i łagodnie opadłby w kawałkach na powierzchnię planety.

O wiele lepszym pomysłem byłby lot ponad chmurami. Powierzchnia Wenus jest okropnym miejscem, ale w górnych warstwach jej atmosfery panują warunki zaskakująco podobne do tych na Ziemi. Na wysokości 55 kilometrów człowiek przeżyłby bez maski tlenowej i skafandra ochronnego. Powietrze ma tam temperaturę pokojową, a ciśnienie jest podobne do panującego w górach na naszej planecie. Skafander ochronny byłby nam jednak potrzebny do ochrony przed kwasem siarkowym [89].

Kwas nie jest niczym przyjemnym, ale okazuje się, że obszar tuż nad chmurami stanowi świetne środowisko dla samolotu – pod warunkiem że metalowe elementy podatne na korozję nie będą wystawione na działanie kwasu siarkowego. Samolot musi też być zdolny do latania w wiejących nieustannie huraganowych wiatrach najwyższej, piątej kategorii, o czym zapomniałem wcześniej wspomnieć.

Wenus to straszne miejsce.

Jowisz. Nasza cessna nie mogłaby latać na Jowiszu; jest tam zbyt duża grawitacja. Do utrzymania samolotu w locie na stałym poziomie potrzeba tam trzy razy więcej mocy niż na Ziemi. Zaczęlibyśmy nasz lot w przyjaznych warunkach, przy ciśnieniu o wartości równej temu na poziomie morza, następnie podczas przelotu przez porywiste wiatry przyspieszylibyśmy do prędkości 275 metrów na sekundę (990 kilometrów na godzinę) i weszlibyśmy w lot ślizgowy, schodząc coraz niżej i niżej przez warstwy lodu amoniakowego oraz wodnego, aż wreszcie zostalibyśmy zmiażdżeni razem z samolotem. Jowisz nie ma stałej powierzchni, z którą moglibyśmy się zderzyć; w miarę obniżania się wysokości otoczenie samolotu przeszłoby płynnie z formy gazowej w ciekłą.

Saturn. Panują tu trochę przyjemniejsze warunki niż na Jowiszu. Słabsza – zbliżona w istocie do ziemskiej – grawitacja i trochę gęstsza

(chociaż wciąż rzadka) atmosfera sprawiłyby, że bylibyśmy w stanie pokonać nieco dłuższy dystans, zanim uleglibyśmy zimnym lub silnym wiatrom i skończylibyśmy podobnie jak na Jowiszu.

Uran. Uran jest dziwną kulą o jednolitej niebieskawej barwie. Wieją tam silne wiatry i jest przeraźliwie zimno. Dla naszej cessny byłby to najbardziej przyjazny gazowy olbrzym i prawdopodobnie moglibyśmy tam sobie nieco dłużej polatać. Biorąc jednak pod uwagę fakt, że prawie nic tam nie ma, czemu właściwie mielibyśmy to robić?

Neptun. Jeśli chcielibyśmy polatać wokół któregoś z lodowych olbrzymów, polecałbym chyba raczej planetę Neptun [90] niż Uran. Tam przynajmniej są jakieś chmury, na które moglibyśmy popatrzeć, zanim zamarzlibyśmy na śmierć lub rozerwałyby nas turbulencje.

Tytan. Najlepsze zostawiłem na koniec. Jeśli chodzi o latanie, Tytan mógłby być nawet lepszym miejscem niż Ziemia. Jego atmosfera jest gęsta, ale grawitacja niewielka, w wyniku czego ciśnienie na powierzchni tej planety jest tylko o 50 procent wyższe niż u nas, przy gęstości powietrza cztery razy większej niż na Ziemi. Grawitacja Tytana jest słabsza od księżycowej, czyli lata się tam bez problemu. Nasza cessna mogłaby się wzbić w powietrze, napędzana tylko siłą mięśni nóg.

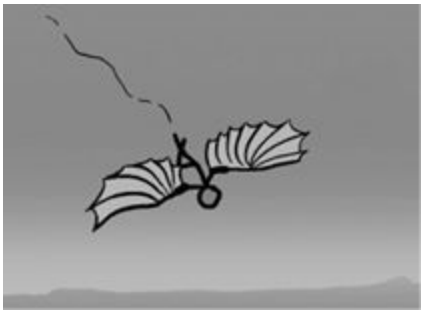
Ludzie na Tytanie mogliby właściwie latać, używając siły własnych mięśni. Człowiek na lotni z łatwością mógłby się unieść w powietrze i szybować, wprawiając się w ruch za pomocą ogromnych płetw – a wystartować mógłby za pomocą sztucznych skrzydeł. Potrzebna do tego moc byłaby minimalna – prawdopodobnie nie wymagałoby to więcej wysiłku niż spacerowanie.

Minusem (zawsze jest jakiś minus) byłoby zimno. Temperatura na Tytanie wynosi minus 200°C, co jest w przybliżeniu równe temperaturze płynnego azotu. Opierając się na danych dotyczących wymagań ogrzewania

małego samolotu, oceniam, że w kabinie cessny na Tytanie temperatura spadałaby w tempie około dwóch stopni na minutę.

Baterie pomogłyby nam dłużej utrzymać ciepło, ale w końcu samolot wyziębiłby się i rozbił. Próbnik Huygens, który wylądował na Tytanie z prawie całkowicie wyczerpanymi bateriami, zrobił fascynujące zdjęcia, zanim zamarzł po kilku godzinach przebywania na powierzchni tego księżyca. Po wylądowaniu zdołał przesłać nam tylko jedno zdjęcie – zresztą jedyne, jakie zrobiono na powierzchni ciała niebieskiego położonego dalej od Ziemi niż Mars. Gdybyśmy użyli tam do latania sztucznych skrzydeł, moglibyśmy się stać bohaterami historii Ikara w wersji tytanicznej – nasze skrzydła by zamarzły i odpadły, a my runęlibyśmy w dół na pewną śmierć.

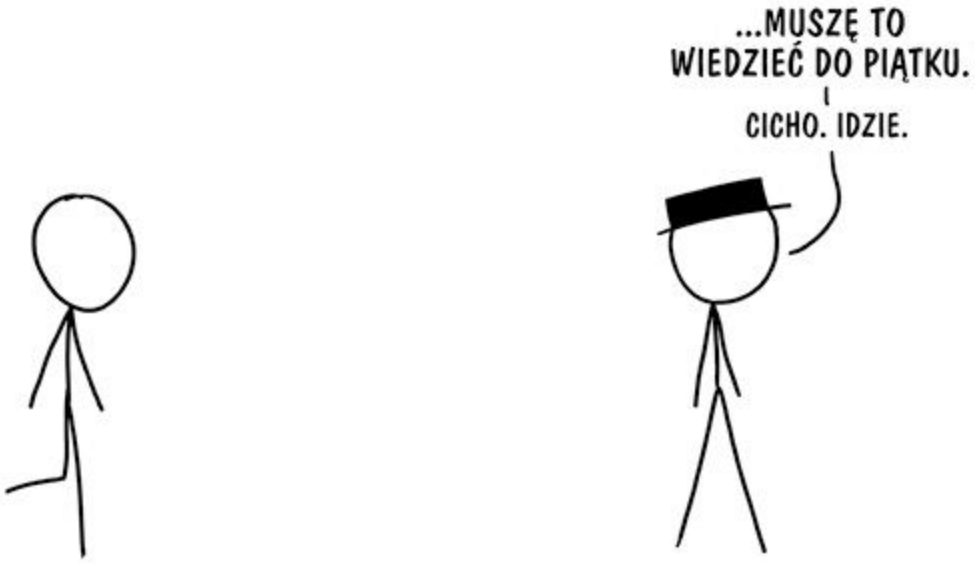
Jeśli o mnie chodzi, nigdy nie traktowałem historii Ikara jako świadectwa ograniczeń człowieka. Była to dla mnie opowieść o ograniczeniach wosku jako spoiwa. Zimno na Tytanie to problem czysto techniczny. Odpowiednio przystosowana i wyposażona w źródła ciepła cessna 172 byłaby w stanie tam latać, a więc moglibyśmy latać i my.



Dziwne (i niepokojące) pytania z What if? Skrzynka odbiorcza nr 6

Jaka jest całkowita wartość odżywcza (kalorie, tłuszcz, witaminy, minerały itp.) ciała przeciętnego człowieka?

Justin Risner



Jaką temperaturę powinna mieć piła łańcuchowa (lub inne narzędzie tnące), aby od razu przyżegała spowodowane przez siebie rany?

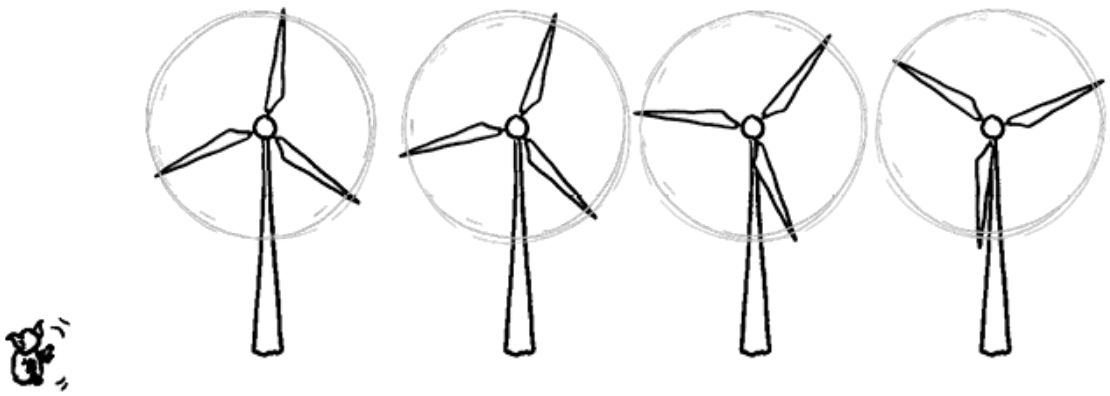
Sylvia Gallagher

...MUSZĘ TO
WIEDZIEĆ DO PIĄTKU.

Yoda

Jaką dużą Moc może wygenerować Yoda?

RYAN FINNIE



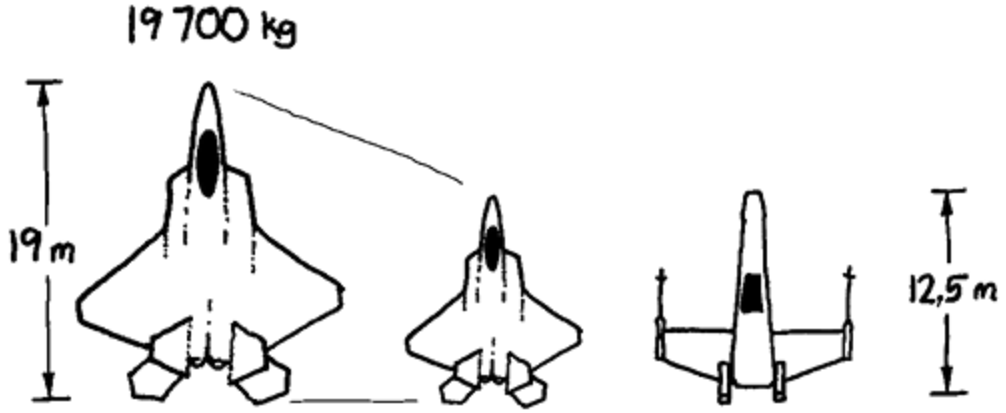
Oczywiście NIE MAM ZAMIARU brać pod uwagę prequeli *Gwiezdnych wojen*.

Najbardziej spektakularny pokaz możliwości Yody można zobaczyć w oryginalnej trylogii, gdy wydobywa z bagien X-winga należącego do Luke'a. Jeśli wziąć pod uwagę fizyczne przemieszczanie obiektów, był to największy wydatek energetyczny Mocy w całej trylogii.

Energia potrzebna do uniesienia przedmiotu na daną wysokość jest równa iloczynowi jego masy, przyspieszenia grawitacyjnego oraz

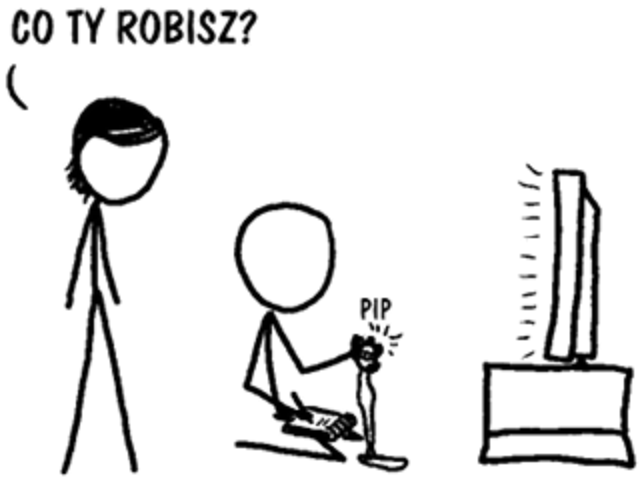
wysokości, na jaką jest unoszony. Scena z X-wingiem pozwoli nam określić dolną granicę mocy szczytowej Yody.

Zacznijmy od masy statku kosmicznego Luke’a. Nigdzie nie była ona dokładnie podana, ale znamy jego długość – 12,5 metra. Myśliwiec F-22 ma 19 metrów długości i waży 19,7 tony. Spróbujmy zastosować odpowiednią skalę, a uda nam się w przybliżeniu oszacować masę X-winga: ważył pewnie niecałe 5,6 tony.



$$m_x = m_{f22} \times \left(\frac{12{,}5}{19}\right)^3 = 5600 \text{ kg}$$

Następnie musimy znać prędkość jego unoszenia. Określiłem ją na podstawie sceny z filmu pokazującej wynurzanie się X-winga z wody.



Przednie podpory unoszą się z wody mniej więcej przez 3,5 sekundy. Oszacowałem ich długość na 1,4 metra (na podstawie sceny z *Nowej nadziei*, w porównaniu z wymiarami członka załogi), co pozwoliło mi określić prędkość podnoszenia X-winga jako 0,4 metra na sekundę.

Trzeba by jeszcze znać przyspieszenie grawitacyjne na planecie Dagobah. Przyznaję, że tutaj utknąłem, bo chociaż fani science fiction są maniakami, to chyba mało prawdopodobne, żeby stworzyli katalog drugorzędnych parametrów geofizycznych wszystkich planet pojawiających się w *Gwiezdnych wojnach*, prawda?

Otóż nie miałem racji. Nie doceniłem, jak widać, społeczności fanów. Według jednego z katalogów Wookieepedii przyspieszenie grawitacyjne przy powierzchni Dagobah wynosi 0,9 g (0,9 przyspieszenia ziemskiego). Jeśli znamy tę informację, masę X-winga i prędkość jego unoszenia, możemy obliczyć naszą moc szczytową.

$$\frac{5600\ \text{kg} \times 0{,}9\ \text{g} \times 1{,}4\ \text{metra}}{3{,}6\ \text{sekundy}} = 19{,}2\ \text{kW}$$

Jest ona wystarczająca, aby zasilić kwartał ulic z domkami jednorodzinnymi. Odpowiada to w przybliżeniu 25 koniom mechanicznym, czyli mocy silnika w smarcie z napędem elektrycznym. Przy obecnych cenach energii elektrycznej wartość Yody wynosiłaby dwa dolary na godzinę.

Telekineza jest tylko jedną z form Mocy. A co z błyskawicami, którymi imperator raził Luke’a? Ich fizyczna natura nie jest do końca wyjaśniona, ale cewki Tesli, które wytwarzają podobne wyładowania, mają moc około 10 kilowatów, co oznacza, że imperator generuje moc zbliżoną do Yody. (Cewki Tesli wytwarzają zwykle serie krótkich błysków; gdyby imperator mógł utrzymywać bez przerwy łuk elektryczny, z jakim mamy do czynienia w spawaniu łukowym, wówczas moc bez trudu mogłaby być mierzona w megawatach).

A co z samym Lukiem? Przeanalizowałem scenę, w której wykorzystuje on rodzącą się w nim Moc do wyciągnięcia miecza świetlnego ze śniegu. Precyzyjną wartość trudno ustalić, ale po obejrzeniu tego fragmentu klatka po klatce oceniam jego moc szczytową na jakieś 400 watów. Stanowi to ułamek 19 kilowatów mocy Yody i Luke’owi udało się ją podtrzymać tylko przez ułamek sekundy.

Wydaje się więc, że to Yoda jest najlepszym źródłem energii. Przy światowym zużyciu energii elektrycznej, dochodzącym do dwóch terawatów, potrzebowalibyśmy 100 milionów takich istot jak Yoda. Jeśli

weźmiemy to wszystko pod uwagę, przestawienie się na zasilanie mocą Yody raczej nie ma sensu – chociaż byłoby to z pewnością zielone źródło energii.

Pomijane stany

Który ze stanów jest w istocie najczęściej pomijany podczas podróży lotniczych w USA?

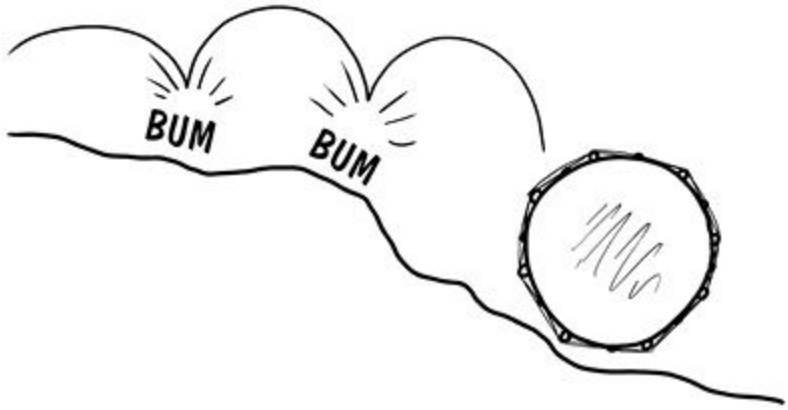
JESSE RUDERMAN

KIEDY LUDZIE MÓWIĄ „POMIJANE STANY”, zwykle mają na myśli duże, położone na zachodzie USA, mało nowoczesne stany, nad którymi tylko przelatujemy, gdy podróżujemy pomiędzy Nowym Jorkiem, Los Angeles i Chicago.

Nad którymi stanami **faktycznie** najczęściej przelatujemy podczas podróży po USA? Wiele lotów odbywa się wzdłuż Wschodniego Wybrzeża, łatwo więc byłoby stwierdzić, że częściej latamy nad stanem Nowy Jork niż nad Wyoming.

Aby dowiedzieć się, które stany są rzeczywiście najczęściej pomijane, zbadałem ponad 10 tysięcy tras lotniczych i ustaliłem, nad którymi stanami jest ich najwięcej.

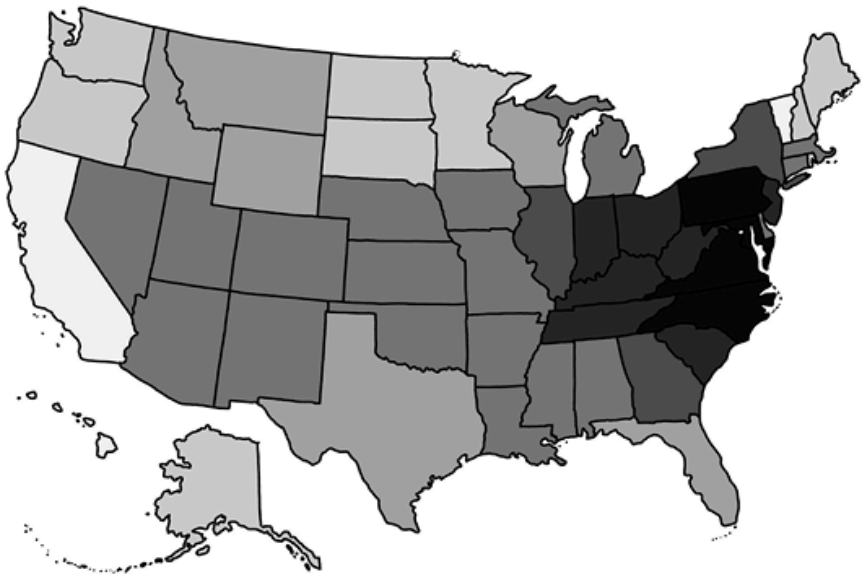
O dziwo, stanem, nad którym przelatuje najwięcej samolotów – nie licząc miejsc startów i lądowań – jest…



…Wirginia.

Byłem tym o tyle zaskoczony, że właśnie tam dorastałem i nigdy nie myślałem o Wirginii jako o „pomijanym stanie”. Co ciekawe, Wirginia ma kilka dużych lotnisk; dwa z nich obsługują Dystrykt Kolumbii (DCA/Reagan i IAD/Dulles). Oznacza to, że większości lotów do Dystryktu Kolumbii nie zaliczamy do lotów nad Wirginią, ponieważ samoloty lądują w Wirginii.

A oto mapa stanów USA pokolorowanych w zależności od dziennej liczby odbywających się nad nimi lotów.



Tuż za Wirginią na liście znajdują się takie stany, jak Maryland, Karolina Północna i Pensylwania. Codziennie nad głowami ich mieszkańców

przelatuje znacznie więcej samolotów niż w pozostałych stanach.

Ale dlaczego akurat Wirginia?

Istnieje sporo przyczyn tego stanu rzeczy, lecz jedną z istotniejszych jest międzynarodowy port lotniczy **Hartsfield-Jackson** w Atlancie. To największe lotnisko świata, jeśli wziąć pod uwagę ogólną liczbę pasażerów i lotów, która jest większa niż w portach lotniczych Tokio, Londynu, Pekinu, Chicago i Los Angeles. Jest to główny węzeł lotniczy Delta Air Lines – do niedawna największych linii lotniczych świata – a to oznacza, że pasażerowie podróżujący tymi liniami często korzystają z tego lotniska.

Z powodu dużej liczby lotów z Atlanty do północno-wschodniej części USA 20 procent wszystkich lotów z tego miasta przebiega nad Wirginią, a 25 procent nad Karoliną Północną, co stanowi znaczący wkład w ogólną liczbę lotów nad każdym z tych stanów.

Jednak to nie Atlanta jest źródłem największej liczby lotów nad Wirginią, ale zupełnie inne lotnisko, co było dla mnie dużym zaskoczeniem.

Port lotniczy Toronto-Lester B. Pearson (YYZ) wydawał się mało prawdopodobnym miejscem startów i lądowań samolotów latających nad Wirginią. Jednak to największe lotnisko Kanady jest źródłem większej

liczby lotów nad Wirginią niż nowojorskie lotniska JFK i LaGuardia **razem wzięte**.

Dominacja portu lotniczego w Toronto jest spowodowana między innymi tym, że posiada on wiele bezpośrednich połączeń na Karaiby i do Ameryki Południowej, których trasy przebiegają częściowo w przestrzeni powietrznej USA [91]. Lotnisko w Toronto jest również głównym źródłem lotów nad Wirginią Zachodnią, Pensylwanią i Nowym Jorkiem.

Poniższa mapa pokazuje, który port lotniczy jest dla danego stanu źródłem największej liczby przelotów nad jego terytorium.

Klasyfikacja „pomijanych stanów” w podróżach lotniczych ze względu na współczynnik lotów

Inna możliwa definicja „pomijanych stanów” w podróżach lotniczych jest oparta na stosunku liczby lotów **nad** terytorium stanu do liczby lotów docelowych **do** niego. Według tego kryterium prym wiodą w większości po prostu te stany, które mają najmniejszą gęstość zaludnienia. Jak można się było spodziewać, w pierwszej dziesiątce znalazły się Wyoming, Alaska, Montana, Idaho i obie Dakoty.

Niespodziewanie jednak stanem o **najwyższym** współczynniku „lotów nad” do „lotów do” okazał się **Delaware.** Po zgłębieniu tematu okazało się, że powód jest bardzo prosty: stan Delaware w ogóle nie posiada lotnisk.

No, może trochę minąłem się z prawdą. Delaware ma pewną liczbę lotnisk, między innymi Dover Air Force Base (DOV) i New Castle Airport (ILG). To ostatnie jest jedynym, które można by uznać za lotnisko cywilne,

ale od 2008 roku i upadku Skybus Airlines nie obsługuje ono żadnych linii lotniczych [92].

Stany, nad którymi najrzadziej się lata

Stanem, nad którym najrzadziej się lata, są Hawaje, co jest zresztą całkiem uzasadnione. W jego skład wchodzą niewielkie wyspy położone na środku największego oceanu świata, więc bardzo ciężko jest w nie trafić.

Z 49 stanów nieleżących na wyspach [93] najrzadziej pomijana w podróżach lotniczych jest Kalifornia. Byłem tym faktem zaskoczony, ponieważ jest ona długa oraz wąska i wydawało mi się, że trasy wielu lotów transpacyficznych będą nad nią przechodzić.

Odkąd jednak samoloty ze zbiornikami wypełnionymi dużą ilością paliwa zostały użyte w charakterze broni 11 września 2001 roku, Federalna Administracja Lotnictwa (FAA) ograniczyła liczbę takich lotów nad terytorium USA. Dlatego też większość osób musi podróżować za granicę lotami przesiadkowymi, które korzystają z kalifornijskich lotnisk.

Stany, pod którymi najczęściej się lata

Na koniec poszukajmy odpowiedzi na trochę dziwne pytanie: **pod** którym stanem odbywa się najwięcej lotów? Chodzi mi o loty, których trasy przebiegają po drugiej stronie kuli ziemskiej, dokładnie pod terytorium tego stanu.

Okazało się, że stanem tym są **Hawaje.**

Może się wydać dziwne, że zwycięzcą w tej kategorii jest tak niewielki stan. Wynika to z faktu, że po drugiej stronie kuli ziemskiej dokładnie pod terytorium USA znajduje się Ocean Indyjski, nad którym odbywa się bardzo niewiele lotów cywilnych. Z kolei Hawaje są położone po

przeciwnej stronie globu niż Botswana, leżąca w środkowej części Afryki Południowej. W porównaniu z innymi kontynentami w Afryce nie odbywa się wiele lotów, jest ich jednak wystarczająco dużo, żeby zapewnić Hawajom pierwsze miejsce.

Biedna Wirginia

Komuś, kto tak jak ja dorastał w Wirginii, trudno jest zaakceptować fakt, że jest to najczęściej pomijany stan w podróżach lotniczych w USA. Gdy odwiedzam swój dom rodzinny, staram się teraz pamiętać, żeby przynajmniej co jakiś czas popatrzeć w niebo i pomachać. Jeśli ktoś z was będzie podróżował codziennym lotem numer 104 linii Arik Air o 9.35 rano z Johannesburga w Republice Południowej Afryki do Lagos w Nigerii, niech nie zapomni spojrzeć w dół i powiedzieć: „Aloha!”.

Opadanie z użyciem helu

Co by się stało, gdybyśmy wyskoczyli z samolotu wyposażeni w dwa zbiorniki z helem i nienadmuchany balon, a następnie opadając, stopniowo uwalnialibyśmy hel i napełniali nim balon? Jak długo musielibyśmy spadać, żeby balon zmniejszył naszą prędkość na tyle, abyśmy mogli bezpiecznie wylądować?

COLIN ROWE

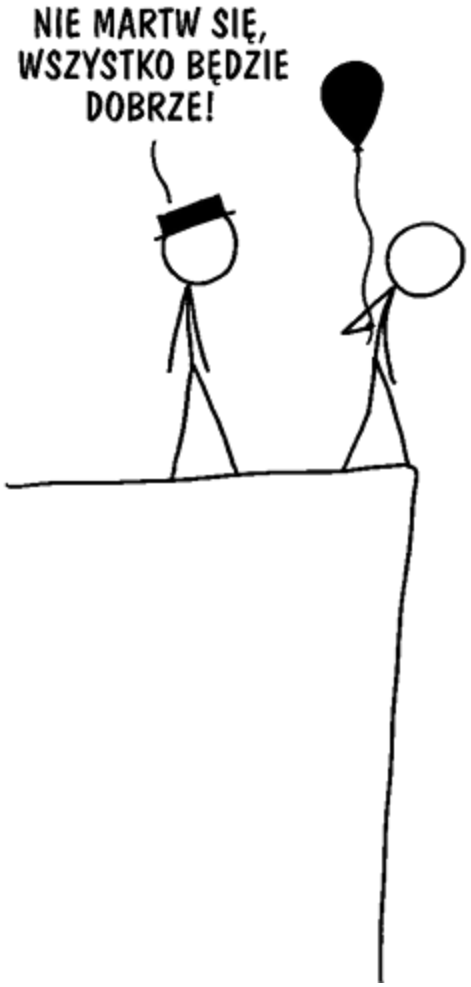
JAKKOLWIEK ZABAWNIE BY TO brzmiało, jest to – w pewnym sensie – możliwe.

Spadanie z dużych wysokości jest niebezpieczne[potrzebne źródło]. Balon mógłby faktycznie uratować nam życie, chociaż zwykły hel stosowany podczas różnych imprez z pewnością by się do tego nie nadawał.

Jeśli balon byłby wystarczająco duży, wcale nie potrzebowalibyśmy helu. Balon zachowywałby się jak spadochron, czyli spowolniłby nasze opadanie do prędkości niestanowiącej zagrożenia dla życia.

To oczywiste, że dla przeżycia upadku kluczowe jest uniknięcie dużej prędkości w momencie uderzenia o ziemię. Pewne opracowanie medyczne ujmuje to w następujący sposób:

> Oczywiste jest, że prędkość opadania oraz wysokość, z jakiej się spada, nie są same w sobie szkodliwe dla zdrowia… lecz uderzenie o ziemię po locie z wysokości dziesięciopiętrowego budynku to już coś zupełnie innego.



…co jest rozwlekłą wersją starego powiedzenia, że nie samo spadanie zabija, tylko kończące je uderzenie w ziemię.

Aby móc zadziałać jak spadochron, balon wypełniony powietrzem zamiast helem musiałby mieć średnicę od 10 do 20 metrów, czyli o wiele za

dużą, żeby go napełnić z przenośnych zbiorników. Do tego celu można by użyć potężnego wentylatora, ale w takiej sytuacji równie dobrze spisałby się spadochron.

Hel

Hel ułatwia wiele rzeczy.

Do uniesienia człowieka w powietrze nie potrzeba wielu balonów z helem. W 1982 roku Larry Walters przeleciał nad Los Angeles na krześle ogrodowym przymocowanym do balonów meteorologicznych. Osiągnął przy tym wysokość kilku kilometrów. Po opuszczeniu przestrzeni powietrznej nad miastem przestrzelił kilka balonów z pistoletu śrutowego, żeby wylądować.

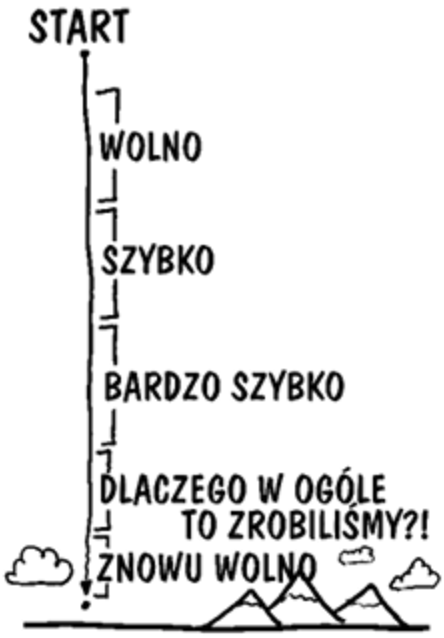
Walters został po wylądowaniu aresztowany, władze miały jednak kłopot z postawieniem mu zarzutów. Inspektor ds. bezpieczeństwa Federalnej Administracji Lotnictwa (FAA) powiedział wtedy gazecie „New York Times”: „Zarzuty zostaną postawione po ustaleniu, które konkretnie punkty Federalnej Ustawy o Lotnictwie zostały złamane”.

Stosunkowo mały – z pewnością mniejszy niż spadochron – balon wypełniony helem wystarczyłby, aby spowolnić nasze opadanie, ale w porównaniu z balonikami używanymi na imprezach wciąż miałby duże rozmiary. Największe zbiorniki z helem, jakie można prywatnie wypożyczyć, mają objętość około 7 tysięcy litrów. Należałoby opróżnić przynajmniej 10 z nich, żeby balon miał rozmiar odpowiedni do naszego ciężaru.

Cała operacja musiałaby przebiegać bardzo szybko. Cylindry ze sprężonym helem mają gładką powierzchnię i często są ciężkie, co oznacza, że mają dużą prędkość graniczną. Na ich użycie mielibyśmy tylko kilka minut. (Po opróżnieniu każdego z nich można by je wyrzucić).

Problem ten można obejść, jeśli zwiększymy wysokość naszego punktu startu. Omawiając scenariusz ze spadającym stekiem, stwierdziliśmy, że ponieważ górne warstwy atmosfery są dosyć rzadkie, każdy obiekt upuszczony ze stratosfery lub z wyższej wysokości będzie przyśpieszał i osiągnie bardzo dużą prędkość, zanim wejdzie w dolne warstwy atmosfery, a przez resztę swojej drogi będzie już tylko wolno opadać. Dotyczy to zarówno małych meteorów [94], jak i Feliksa Baumgartnera.

Jeśli jednak szybko napełnialibyśmy balon, na przykład podłączając do niego jednocześnie wiele zbiorników, moglibyśmy spowolnić nasze opadanie. Nie warto tylko używać zbyt dużo helu, w przeciwnym razie skończymy tak jak Larry Walters, który szybował na wysokości prawie 5 tysięcy metrów.



Kiedy szukałem odpowiedzi na to pytanie, przy okazji rozwiązywania równań różniczkowych związanych z naszymi balonami kilka razy udało mi się zawiesić program Mathematica, a następnie mój adres IP został zablokowany na stronie internetowej Wolfram|Alpha z powodu zbyt dużej liczby zapytań. W formularzu odwoławczym od tej decyzji musiałem

wyjaśnić, jakie zadanie wymagało tak dużej liczby zapytań. Oto moja odpowiedź: „Muszę obliczyć, ile zbiorników helu powinienem wypożyczyć, żeby napełnić balon w taki sposób, aby działał jak spadochron i zmniejszył prędkość spadania po skoku z samolotu odrzutowego”.

Przykro mi, Wolfram.

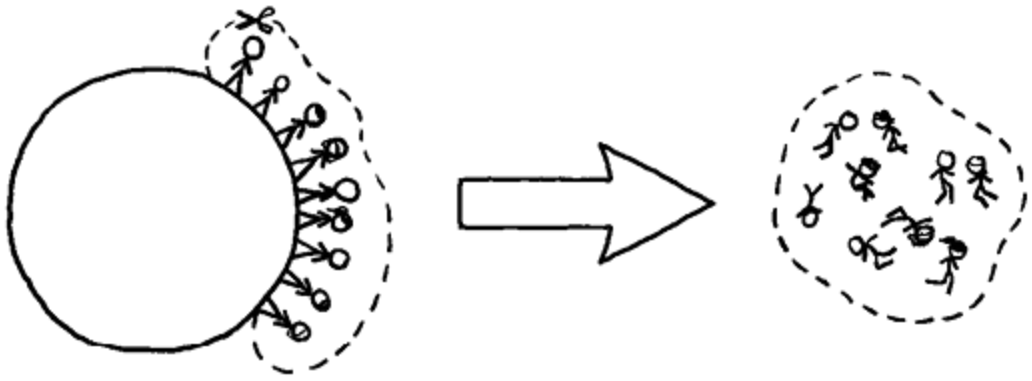
Wszyscy w Kosmos

Czy posiadamy wystarczająco dużo energii, żeby wysłać całą ludzkość w Kosmos?

ADAM

W WIELU filmach fantastycznonaukowych ludzkość opuszcza Ziemię z powodu zanieczyszczenia środowiska, przeludnienia lub wojny jądrowej.

Wysłanie ludzi w przestrzeń kosmiczną nie jest jednak łatwym zadaniem. Czy, pomijając przypadek znacznego zmniejszenia się liczby ludności, opuszczenie Ziemi przez całą rasę ludzką jest fizycznie możliwe? Nie martwmy się tym, dokąd mielibyśmy się udać – załóżmy, że nie musimy szukać nowego domu, ale na pewno nie możemy zostać dłużej na naszej planecie.



Aby przekonać się, czy jest to możliwe, zacznijmy od absolutnie minimalnego zapotrzebowania na energię, które wynosi cztery gigadżule na osobę. Nieważne, w jaki sposób to robimy: za pomocą rakiet, działa, windy kosmicznej czy też drabiny. Wyniesienie człowieka – czy czegokolwiek innego – ważącego 65 kilogramów poza obszar wpływu grawitacji ziemskiej wymaga przynajmniej tyle energii.

A ile to jest te cztery gigadżule? W przybliżeniu tyle, co jedna megawatogodzina, czyli ilość energii elektrycznej zużywanej przez przeciętne amerykańskie gospodarstwo domowe w ciągu miesiąca albo dwóch. Równa się to energii zmagazynowanej w 90 kg benzyny lub w samochodzie dostawczym załadowanym bateriami paluszkami typu AA.

Cztery gigadżule razy 7 miliardów ludzi daje $2{,}8 \times 10^{19}$ dżuli lub osiem petawatogodzin. Stanowi to około pięciu procent rocznego światowego zużycia energii. Sporo, ale nie jest to wielkość fizycznie niemożliwa do osiągnięcia. Tyle że te cztery gigadżule to absolutne minimum. W praktyce

wszystko zależałoby od środka transportu. Gdybyśmy na przykład użyli rakiet, potrzebowalibyśmy o wiele więcej energii. Spowodowane jest to zasadniczym problemem, który mamy z rakietami: muszą dźwigać swoje paliwo.

Zajmijmy się przez chwilę tymi 90 kilogramami (około 120 litrami) benzyny – pomoże nam to uzmysłowić sobie podstawowy problem związany z podróżami kosmicznymi. Aby wystrzelić w Kosmos ważący 65 kilogramów statek kosmiczny, potrzebujemy energii zmagazynowanej w około 90 kilogramach paliwa. Po załadowaniu go na pokład nasz statek ważyłby 155 kilogramów, a więc do startu potrzebowalibyśmy teraz 215 kilogramów paliwa, co wymaga zwiększenia masy o dodatkowe 125 kilogramów…

Na szczęście istnieje sposób na wyjście z tego błędnego koła – jest nim dodawanie 1,3 kilograma paliwa na każdy kilogram ogólnej masy statku. Nie musimy przecież transportować tego paliwa przez całą podróż. Jest one stopniowo spalane, statek kosmiczny staje się coraz lżejszy, a my potrzebujemy coraz mniej paliwa. Część tego paliwa musimy jednak wynieść w przestrzeń kosmiczną. Wzór Ciołkowskiego określa, ile paliwa musimy spalić, żeby poruszać się z daną prędkością:

$$v = w \ln \frac{m_0}{m}$$

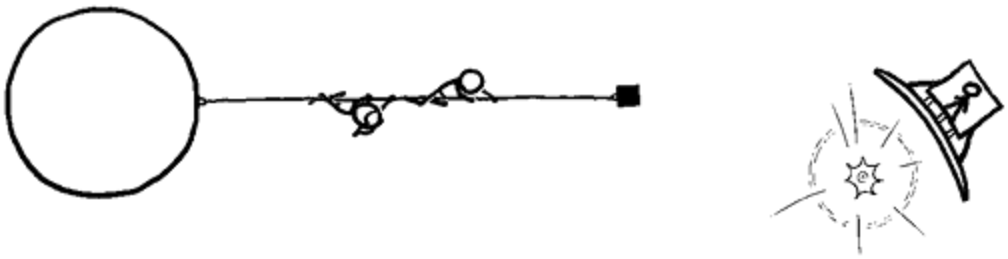
gdzie m_0 i m to początkowa masa statku z paliwem i końcowa bez paliwa, a w to prędkość gazów wylotowych, wynosząca dla paliw rakietowych od 2,5 do 4,5 kilometra na sekundę.

Istotny dla nas jest stosunek pomiędzy v, czyli prędkością, z jaką chcemy się poruszać, a *w*, prędkością gazów wylotowych. Do opuszczenia Ziemi potrzebujemy *v* o wartości 13 kilometrów na sekundę skierowanej ku

górze, a *w* osiąga maksymalnie 4,5 kilometra na sekundę, co daje stosunek masy paliwa do masy statku wynoszący co najmniej $e^{13/4,5} \approx 20$. Jeśli stosunek ten wynosi *x*, to do wyniesienia w przestrzeń kosmiczną kilograma statku potrzebujemy e^x kilogramów paliwa. W miarę wzrostu wartości *x* ilość paliwa staje się ogromna.

Z powyższych obliczeń wynika, że ważący tonę statek kosmiczny potrzebowałby od 20 do 50 ton tradycyjnego paliwa rakietowego, aby przezwyciężyć przyciąganie ziemskie. Do wystrzelenia w Kosmos całej ludzkości (o całkowitej masie wynoszącej około 400 milionów ton) potrzebowalibyśmy więc dziesiątek bilionów ton paliwa. To bardzo dużo; przy założeniu, że używamy paliw węglowodorowych, stanowiłoby to znaczną część światowych rezerw ropy naftowej. Przy czym nie wzięliśmy pod uwagę masy samych statków, zabranej na pokład żywności, wody oraz naszych zwierząt domowych [95]. Paliwa potrzebowalibyśmy również do wyprodukowania tych wszystkich statków kosmicznych, przetransportowania ludzi do miejsc startu i tak dalej. Nie jest to całkowicie niemożliwe, ale z pewnością mało prawdopodobne.

Rakiety nie są jednak jedynym rozwiązaniem. Jakkolwiek dziwnie by to brzmiało, lepiej spróbować wspiąć się w Kosmos po linie lub wystrzelić się za pomocą broni jądrowej. Są to naprawdę poważne – choć bardzo śmiałe – pomysły brane pod uwagę od początku ery kosmicznej.



Pierwszy z nich to tak zwana winda kosmiczna, ulubiony pomysł autorów książek fantastycznonaukowych. Polega on na podłączeniu się za pomocą liny do satelity znajdującego się na tak odległej orbicie

okołoziemskiej, że dzięki sile odśrodkowej lina ta byłaby przez cały czas napięta. Następnie moglibyśmy już wysłać po niej w górę wspinaczy, którzy korzystaliby z silników elektrycznych napędzanych za pomocą ogniw słonecznych czy generatorów jądrowych albo z jakiegoś innego skutecznego napędu. Największym wyzwaniem technicznym byłoby w tym przypadku skonstruowanie liny kilkakrotnie bardziej wytrzymałej od obecnie produkowanych. Jest jednak pewna szansa, że odpowiednią wytrzymałość miałyby materiały oparte na nanorurkach węglowych – byłby to kolejny problem techniczny rozwiązany przez dodanie przedrostka „nano”.

Drugim pomysłem jest jądrowy napęd pulsacyjny – zaskakująco skuteczna metoda transportowania ogromnych ładunków z dużą prędkością. Polega ona na zdetonowaniu za naszymi plecami bomby jądrowej i przemieszczaniu się na jej fali uderzeniowej. Można by przypuszczać, że w takiej sytuacji statek kosmiczny wyparuje, ale okazuje się, że jeśli miałby prawidłowo zaprojektowaną osłonę, przetrwałby moment wybuchu. Dobrze dopracowany system tego rodzaju mógłby teoretycznie wynosić w przestrzeń kosmiczną całe kwartały bloków, czyli mielibyśmy możliwość zrealizowania naszego celu.

Założenia techniczne tego projektu były na tyle solidne, że rząd amerykański powołał w latach sześćdziesiątych XX wieku zespół kierowany przez Freemana Dysona, który miał zbudować taki właśnie statek kosmiczny. Historia programu nazwanego **Orion** została szczegółowo przedstawiona w świetnej książce *Project Orion*, napisanej przez syna Freemana, George’a. Zwolennicy jądrowego napędu pulsacyjnego są wciąż rozczarowani, że program został zakończony, zanim udało się zbudować choćby jeden prototyp. Inni argumentują, że biorąc pod uwagę założenia tego projektu, obejmujące wysłanie całego arsenału

jądrowego do atmosfery i detonowanie tam ładunków, wszystko i tak zaszło za daleko.

Odpowiedź na pytanie Adama brzmi więc następująco: wysłanie jednej osoby w Kosmos jest łatwe, wysłanie całej ludzkości wyczerpałoby nasze zasoby i prawdopodobnie spowodowałoby zniszczenie całej planety. Byłby to mały krok dla człowieka, ale wielki krok dla ludzkości.

Dziwne (i niepokojące) pytania z What if? Skrzynka odbiorcza nr 7

W filmie ***Thor*** główny bohater kręci młotem tak szybko, że wywołuje w ten sposób potężne tornado. Czy w rzeczywistości byłoby to możliwe?

Davor

Gdybyśmy użyli łącznej siły ssącej wszystkich pocałunków, jakie wykonaliśmy przez całe życie, do złożenia tylko jednego pocałunku, jaka byłaby jego siła ssąca?

Jonatan Lindström

Ile rakiet jądrowych musiałoby uderzyć w Stany Zjednoczone, aby zamienić ten kraj w jałową pustynię?

Anonim

Samozapłodnienie

Czytałem o naukowcach próbujących otrzymać spermę z komórek macierzystych szpiku kostnego. Gdyby kobieta posiadała plemniki powstałe z jej własnych komórek macierzystych i sama się zapłodniła, jakie byłoby jej pokrewieństwo z własną córką?

R SCOTT LAMORTE

ABY POWSTAŁ CZŁOWIEK, musi dojść do połączenia dwóch zestawów DNA.

U ludzi te dwa zestawy DNA znajdują się w plemniku i komórce jajowej, a każdy z nich zawiera losowo dobrane składniki DNA obojga rodziców. (Więcej o tym, jak przebiega ten losowy podział, już za moment). Normalnie te komórki pochodzą od dwóch różnych osób. Nie zawsze jednak musi tak być. Komórki macierzyste, które mogą się różnicować w każdy rodzaj tkanek, mogłyby teoretycznie zostać użyte do wyprodukowania spermy (lub jajeczek).

Jak dotąd nikomu nie udało się wyprodukować pełnowartościowej spermy z komórek macierzystych. W 2007 roku grupa badaczy uzyskała komórki macierzyste plemników z komórek macierzystych szpiku kostnego. Komórki te stanowią materiał wyjściowy do powstania spermy. Naukowcy nie zdołali doprowadzić do ich przekształcenia się w spermę, ale był to już pewien postęp. W 2009 roku ta sama grupa badaczy przedstawiła publikację, z której wynika, że osiągnęła swój cel i wyprodukowała w pełni wydajne plemniki.

Pojawiły się jednak dwa problemy. Po pierwsze, naukowcy nie **stwierdzili** w istocie, że wyprodukowali plemniki. Wspominali o komórkach podobnych do plemników, ale większość mediów nie przekazała ich słów precyzyjnie. Po drugie, artykuł został wycofany przez redakcję gazety, ponieważ okazało się, że jego autorzy w dwóch rozdziałach dokonali plagiatu innej publikacji. Nawet pomijając te problemy, wciąż nie uzyskaliśmy precyzyjnej odpowiedzi na pytanie, które zadał R. Scott.

Śledzenie przepływu informacji genetycznej jest dość trudnym zadaniem. Aby to zilustrować, stwórzmy bardzo uproszczony model, który z pewnością wyda się znajomy fanom gier fabularnych.

Chromosomy: edycja gry Dungeons & Dragons

Ludzkie DNA składa się z 23 części zwanych **chromosomami**, a każdy człowiek posiada dwie wersje każdego chromosomu – jedną od matki, drugą od ojca.

W naszej uproszczonej wersji DNA zamiast 23 chromosomów będzie ich tylko siedem. U ludzi każdy chromosom zawiera kod genetyczny z ogromną ilością informacji, ale w naszym modelu każdy chromosom będzie odpowiedzialny tylko za jedną cechę. Użyjemy systemu „d20” z gry Dungeons & Dragons. Niech każda cząsteczka DNA ma siedem chromosomów:

1. SIŁA
2. BUDOWA
3. ZRĘCZNOŚĆ
4. CHARYZMA
5. ROZTROPNOŚĆ
6. INTELEKT
7. PŁEĆ

Sześć z nich to klasyczne cechy z gier fabularnych: siła, budowa, zręczność, charyzma, roztropność oraz intelekt. Ostatni chromosom determinuje płeć.

Oto przykładowa nić DNA:

1. SIŁA	15
2. BUDOWA	2
3. ZRĘCZNOŚĆ	1×
4. CHARYZMA	12
5. ROZTROPNOŚĆ	0,5×
6. INTELEKT	14
7. PŁEĆ	X

W naszym modelu każdy chromosom koduje tylko jedną informację. Jest to albo statystyka (liczba, zwykle od 1 do 18), albo mnożnik. Ostatni chromosom determinuje płeć i podobnie jak w genetyce człowieka może mieć wartość X albo Y.

Każdy z nas ma dwa zestawy chromosomów – jeden od matki, drugi od ojca. Wyobraźmy sobie, że nasze geny wyglądają tak, jak pokazano poniżej:

	DNA mamy	*DNA taty*
1. SIŁA	15	5
2. BUDOWA	2×	12
3. ZRĘCZNOŚĆ	1×	14
4. CHARYZMA	12	1,5×
5. ROZTROPNOŚĆ	0,5×	14
6. INTELEKT	14	15
7. PŁEĆ	X	X

Kombinacja tych dwóch zestawów statystyk determinuje charakter danej osoby. A oto prosta zasada łączenia statystyk w naszym systemie: jeśli **w obu wersjach chromosomów** mamy **liczbę,** to statystyką jest większa z liczb. Jeśli **w jednej wersji chromosomu** mamy **liczbę, a w drugiej mnożnik**, to naszą statystyką jest liczba pomnożona przez mnożnik. Jeśli natomiast **w obu wersjach** mamy **mnożnik,** nasza statystyka wynosi 1 [96].

A oto jak wyglądałby nasz hipotetyczny osobnik:

	DNA mamy	*DNA taty*	*Statystyki dziecka*
1. SIŁA	15	5	15
2. BUDOWA	2×	12	24
3. ZRĘCZNOŚĆ	1×	14	14
4. CHARYZMA	12	1,5×	18
5. ROZTROPNOŚĆ	0,5×	14	7
6. INTELEKT	14	15	15
7. PŁEĆ	X	X	KOBIETA

Kiedy jedno z rodziców wnosi mnożnik, a drugie liczbę, rezultat może być bardzo dobry! Budowa tej osoby ma wówczas statystykę nadczłowieka: 24. Właściwie oprócz niskiej statystyki roztropności pozostałe jej statystyki są znakomite.

A teraz ta osoba (nazwijmy ją „Alice”) spotyka kogoś (powiedzmy „Boba”). Bob również ma doskonałe statystyki.

	DNA mamy	*DNA taty*	*Statystyki dziecka*
1. SIŁA	13	7	13
2. BUDOWA	5	18	18
3. ZRĘCZNOŚĆ	15	11	15
4. CHARYZMA	10	2×	20
5. ROZTROPNOŚĆ	16	14	16
6. INTELEKT	2×	8	16
7. PŁEĆ	X	Y	MĘŻCZYZNA

Jeżeli tych dwoje miałoby dziecko, każde z nich wniosłoby jedną nić DNA. Jednak ta nić byłaby losową mieszanką nici matki i ojca. Każdy plemnik – oraz każda komórka jajowa – zawierają losową kombinację chromosomów z każdej takiej nici. Załóżmy więc, że Bob i Alice stworzą plemnik i jajeczko tak jak poniżej:

Alice	DNA *mamy*	DNA *taty*	**Bob**	DNA *mamy*	DNA *taty*
1. SIŁA	(15)	5	SIŁA	13	(7)
2. BUDOWA	(2×)	12	BUDOWA	(5)	18
3. ZRĘCZNOŚĆ	13	(14)	ZRĘCZNOŚĆ	15	(11)
4. CHARYZMA	12	(1,5×)	CHARYZMA	(10)	2×
5. ROZTROPNOŚĆ	0,5×	(14)	ROZTROPNOŚĆ	(16)	14
6. INTELEKT	(14)	15	INTELEKT	(2×)	8
7. PŁEĆ	(X)	X	PŁEĆ	(X)	Y

Jajeczko (od Alice)		*Plemnik (od Boba)*	
1. SIŁA	15	SIŁA	7
2. BUDOWA	2×	BUDOWA	5
3. ZRĘCZNOŚĆ	14	ZRĘCZNOŚĆ	11
4. CHARYZMA	1,5×	CHARYZMA	10
5. ROZTROPNOŚĆ	14	ROZTROPNOŚĆ	16
6. INTELEKT	14	INTELEKT	2×
7. PŁEĆ	X	PŁEĆ	X

Jeśli plemnik i jajeczko się połączą, statystyki dziecka będą wyglądać jak poniżej:

	Jajeczko	*Plemnik*	*Statystyki dziecka*
1. SIŁA	15	7	15
2. BUDOWA	2×	5	10
3. ZRĘCZNOŚĆ	14	11	14
4. CHARYZMA	1,5×	10	15
5. ROZTROPNOŚĆ	14	16	16
6. INTELEKT	14	2×	28
7. PŁEĆ	X	X	KOBIETA

Dziewczynka posiada siłę matki i roztropność ojca. Ma także nadludzką inteligencję, dzięki bardzo dobrej statystyce 14 wniesionej przez Alice i mnożnikowi Boba. Z kolei jej budowa jest o wiele słabsza od każdego z rodziców, ponieważ mnożnik 2× od matki niewiele mógł jej pomóc przy statystyce ojca, wynoszącej zaledwie 5.

I Alice, i Bob mają mnożniki przy chromosomie „charyzma” swoich rodziców. Ponieważ dwa mnożniki dają statystykę 1, to gdyby **oboje** wnieśli swój mnożnik, ich dziecko miałoby bardzo niską CHARYZMĘ. Na szczęście prawdopodobieństwo takiego zdarzenia wynosi tylko 1 do 4.

Gdyby dziecko miało mnożniki na obu niciach DNA, jego statystyka wynosiłaby 1. Na szczęście mnożniki występują stosunkowo rzadko, a więc prawdopodobieństwo takiego ułożenia się ich u dwóch przypadkowych osób jest niewielkie.

Zobaczmy teraz, co by się stało, gdyby Alice miała dziecko sama ze sobą.

Po pierwsze, wyprodukowałaby ona dwie pary komórek płciowych, które dwukrotnie przeszłyby proces doboru losowego:

Alice – jajeczko	*DNA mamy*	*DNA taty*	**Alice – plemnik**	*DNA mamy*	*DNA taty*
1. SIŁA	(15)	5	SIŁA	15	(5)
2. BUDOWA	(2×)	12	BUDOWA	(2×)	12
3. ZRĘCZNOŚĆ	13	(14)	ZRĘCZNOŚĆ	13	(14)
4. CHARYZMA	12	(1,5×)	CHARYZMA	(12)	1,5×
5. ROZTROPNOŚĆ	0,5×	(14)	ROZTROPNOŚĆ	(0,5×)	14
6. INTELEKT	(14)	15	INTELEKT	(14)	15
7. PŁEĆ	(X)	X	PŁEĆ	X	(X)

Następnie wybrane nici DNA przekazane zostałyby dziecku:

Alice II	*Jajeczko*	*Plemnik*	*Statystyki dziecka*
1. SIŁA	15	5	15
2. BUDOWA	2×	2×	1
3. ZRĘCZNOŚĆ	14	14	14
4. CHARYZMA	1,5×	12	18
5. ROZTROPNOŚĆ	14	0,5×	7
6. INTELEKT	14	14	14
7. PŁEĆ	X	X	X

Dziecko na pewno byłoby dziewczynką, ponieważ nie miałoby od kogo wziąć chromosomu Y. Takie dziecko miałoby jednak pewien problem: w przypadku trzech z siedmiu cech – INTELEKTU, ZRĘCZNOŚCI i BUDOWY – odziedziczyłoby taki sam chromosom na obu niciach DNA. Ze ZRĘCZNOŚCIĄ i INTELEKTEM nie byłoby kłopotu, ponieważ Alice ma w tych kategoriach wysokie statystyki, ale jeśli chodzi o BUDOWĘ, dziewczynka odziedziczyłaby mnożnik z obu stron, co daje jej statystykę równą 1.

Kiedy ktoś ma dziecko sam ze sobą, znacząco rośnie prawdopodobieństwo, że odziedziczy ono ten sam chromosom na obu niciach DNA, a co za tym idzie, podwójny mnożnik. Prawdopodobieństwo tego, że dziecko Alice będzie go miało, wynosi 58 procent. Gdyby spłodziła dziecko z Bobem, to prawdopodobieństwo wynosiłoby 25 procent.

Ogólnie rzecz biorąc, jeśli ktoś miałby dziecko sam ze sobą, połowa jego chromosomów miałaby te same statystyki na obu niciach DNA. W przypadku statystyki wynoszącej 1 – lub mnożnika – dziecko miałoby jakiś problem, nawet jeśli my byśmy go nie mieli. Sytuacja, w której ten sam kod genetyczny występuje w obu kopiach chromosomu, nazywana jest homozygotycznością.

Ludzie

Rdzeniowy zanik mięśni jest chorobą uwarunkowaną genetycznie, powodującą obumieranie komórek rdzenia kręgowego, co prowadzi do śmierci lub poważnego kalectwa. Jest on prawdopodobnie najczęstszym schorzeniem tego typu wśród populacji ludzkiej, a pojawia się w następstwie chowu wsobnego.

Rdzeniowy zanik mięśni jest wynikiem obecności nieprawidłowego genu w piątym chromosomie. Taką nieprawidłowość ma mniej więcej jeden

człowiek na 50, co oznacza, że co setny przekaże ją swoim dzieciom… a zatem jedna osoba na 10 tysięcy (100 razy 100) odziedziczy ten wadliwy gen od **obojga** rodziców [97].

Z drugiej strony, jeśli rodzic miałby dziecko sam ze sobą, prawdopodobieństwo zachorowania tego dziecka na rdzeniowy zanik mięśni wynosiłoby 1 do 400, ponieważ jeśli tata albo mama mają kopię wadliwego genu (prawdopodobieństwo 1 do 100), szansa na to, że u ich dziecka będzie to **jedyna** kopia, wynosi 1 do 4.

Prawdopodobieństwo 1 do 400 nie brzmi bardzo źle, ale rdzeniowy zanik mięśni to dopiero początek kłopotów.

DNA jest skomplikowane

DNA jest kodem źródłowym najbardziej skomplikowanych maszyn w znanym nam Wszechświecie. Każdy chromosom zawiera olbrzymią ilość informacji, a interakcje pomiędzy DNA a mechanizmem działania komórki, z niezliczoną ilością ruchomych części i sprzężeń zwrotnych, jak w grze Mousetrap, są niewiarygodnie zawiłe. Nawet nazwanie DNA „kodem źródłowym” nie oddaje istoty rzeczy – nasze najbardziej złożone projekty programistyczne wyglądają w porównaniu z DNA jak kalkulatory kieszonkowe.

Każdy chromosom, z powodu różnorodności mutacji i wariacji, wywiera wszechstronny wpływ na ludzki organizm. Niektóre z mutacji, na przykład te odpowiadające za rdzeniowy zanik mięśni, wydają się z gruntu szkodliwe – organizm nie ma z nich żadnych korzyści. W naszym systemie Dungeons & Dragons są jak chromosomy posiadające SIŁĘ równą 1. Jeśli pozostałe chromosomy są normalne, mamy też normalne statystyki charakteru i jesteśmy tak zwanym cichym nosicielem.

Inne mutacje, takie jak wadliwy gen na jedenastym chromosomie, mogą przynieść zarówno zyski, jak i szkody. Ludzie posiadający taki gen na obu swoich kopiach chromosomu cierpią na chorobę zwaną **anemią sierpowatą.** Jeśli natomiast posiadają ten gen tylko na **jednej** kopii chromosomu, mają z tego niespodziewaną korzyść: zwiększoną odporność na malarię.

W systemie Dungeons & Dragons jest to jak mnożnik „2×”. Jedna kopia genu może nas wzmocnić, ale dwie kopie – podwójne mnożniki – prowadzą już do poważnych chorób.

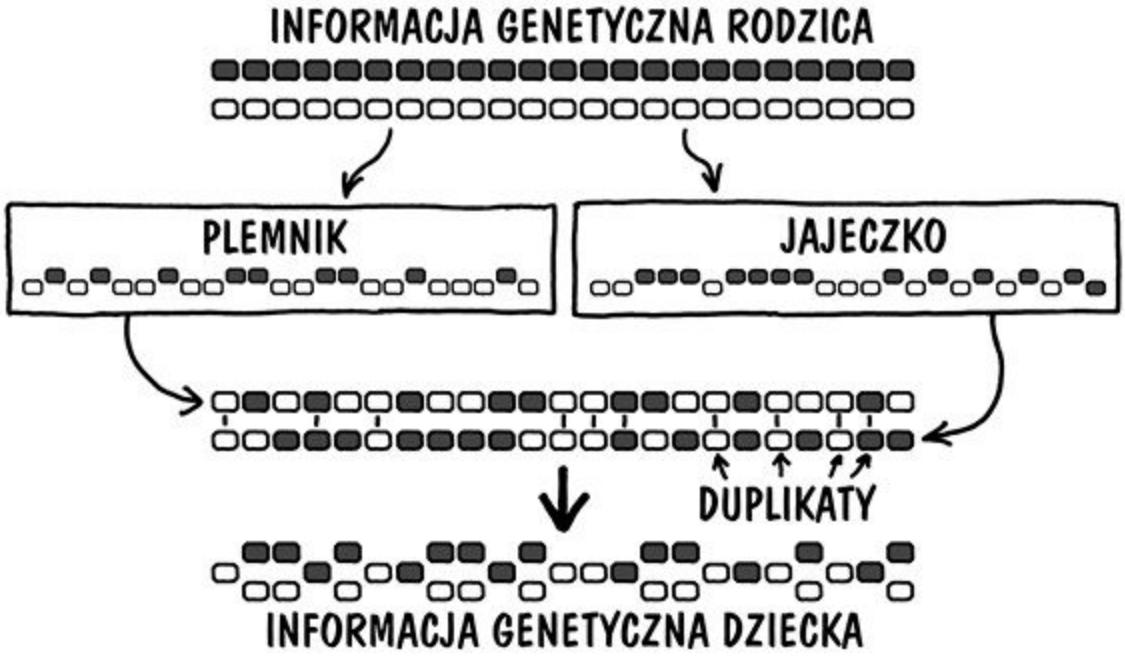
Przykłady tych dwóch chorób ukazują, dlaczego różnorodność genetyczna jest taka istotna. Mutacje pojawiają się wszędzie, ale nasze zbędne chromosomy pomagają osłabić ich następstwa. Jeśli unikamy chowu wsobnego w danej populacji, ograniczamy prawdopodobieństwo wystąpienia rzadkich i szkodliwych mutacji w tym samym miejscu po obu stronach chromosomu.

Współczynnik wsobności

Biolodzy używają współczynnika wsobności do określenia u danej osoby udziału procentowego chromosomów, które prawdopodobnie będą

identyczne. U dziecka rodziców, których nie łączy żadne pokrewieństwo, współczynnik ten wynosi zero. Natomiast osoba z całkowicie zduplikowanym zestawem chromosomów ma współczynnik wsobności równy jeden.

W ten sposób uzyskaliśmy odpowiedź na nasze pytanie. Dziecko rodzica, który się samozapłodnił, byłoby jego klonem z poważnymi wadami genetycznymi. Rodzic miałby wszystkie geny swojego dziecka, ale dziecko nie miałoby wszystkich genów rodzica. Połowa chromosomów dziecka miałaby „partnerskie” chromosomy zastąpione przez własne kopie.



Oznacza to, że dziecko miałoby współczynnik wsobności równy 0,5, czyli bardzo wysoki. Taki sam współczynnik wystąpiłby też u dziecka w trzeciej generacji kolejnych małżeństw brata z siostrą. D.S. Falconer napisał w książce *Dziedziczenie cech ilościowych*, że tak wysoki wskaźnik spowodowałby spadek współczynnika IQ średnio o 22 punkty i niższy o 10 centymetrów wzrost u dziesięcioletniego dziecka. Istnieje też duże prawdopodobieństwo, że płód nie przeżyłby w łonie matki.

Taki rodzaj chowu wsobnego można było obserwować u rodzin królewskich, starających się zachować czystość krwi. W dynastii Habsburgów, rodzinie europejskich władców, od połowy ubiegłego tysiąclecia małżeństwa pomiędzy kuzynami były na porządku dziennym, a ich ostatnią ofiarą był król Hiszpanii Karol II.

Jego współczynnik wsobności wynosił 0,254, czyli był nawet nieznacznie wyższy niż u dziecka brata i siostry (w takim przypadku ten współczynnik wynosiłby 0,25). Król Karol II cierpiał na wiele przypadłości fizycznych i psychicznych oraz był dziwnym (i wyjątkowo nieudolnym) władcą. Podobno kazał wykopywać zwłoki swoich krewnych, ponieważ chciał na nie popatrzeć. Ponieważ sam nie mógł mieć dzieci, na nim zakończyła się historia tego królewskiego rodu.

Samozapłodnienie to bardzo ryzykowna strategia rozmnażania, dlatego też u tak wielu dużych i złożonych organizmów występuje płeć [98]. Wśród nich istnieją co prawda gatunki, które rozmnażają się bezpłciowo [99], ale takie zachowania są stosunkowo rzadkie. Zdarzają się one w środowiskach, gdzie rozmnażanie płciowe jest trudne z powodu ograniczonych zasobów, odizolowania populacji…

Życie znajduje drogę…

…lub zbyt pewnych siebie zarządców parków rozrywki.

Rzut wzwyż

Jak wysoko można czymś rzucić?

IRISH DAVE Z WYSPY MAN

LUDZIE SĄ NIEŹLI w rzucaniu różnymi przedmiotami. Prawdę mówiąc, jesteśmy w tym świetni; żadne zwierzę nie potrafi rzucać tak jak my.

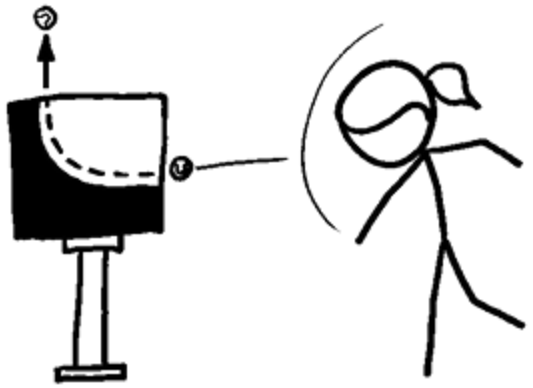
Co prawda szympansy rzucają odchodami (i bardzo rzadko kamieniami), ale nie potrafią tego robić tak dokładnie i precyzyjnie jak ludzie. Mrówkolwy rzucają piaskiem, ale w nic konkretnego nie celują. Ryby z rodziny strzelczykowatych polują na owady poprzez wystrzeliwanie kropelek wody, ale używają w tym celu ust, a nie rąk. Frynosomy rogate to jaszczurki, które wystrzeliwują z oczu strumienie krwi na odległość nawet 1,5 metra. Nie mam pojęcia, **dlaczego** to robią, ponieważ ilekroć o tym czytam i docieram do tego zdania, zaczynam się na nie gapić i gapię się tak długo, aż muszę się położyć.

Istnieją więc zwierzęta potrafiące miotać różnego rodzaju pociskami, ale ludzie są jedynym gatunkiem, który potrafi chwycić przypadkowy przedmiot i porządnie trafić nim w cel. Jesteśmy w tym rzeczywiście tak dobrzy, że niektórzy naukowcy uważają, iż rzucanie kamieniami odegrało główną rolę w procesie ewolucji mózgu człowieka współczesnego.

Rzucanie jest trudne [100]. Aby piłka baseballowa dotarła do pałkarza, miotacz musi wypuścić ją z ręki w odpowiednim momencie. Jeśli popełni zaledwie półmilisekundowy błąd, piłka ominie strefę strike'ów.

Dla porównania najszybsze przekazanie impulsu nerwowego wzdłuż ramienia człowieka trwa około **pięciu** milisekund. Oznacza to, że gdy nasze ramię wciąż się obraca, aby przyjąć odpowiednią pozycję, sygnał nakazujący wypuszczenie piłki jest już w naszym nadgarstku. Można to porównać do perkusisty zrzucającego pałeczkę z dziesiątego piętra, żeby uderzać nią w stojący na ziemi bęben **w odpowiednim rytmie**.

Wszystko wskazuje na to, że dużo lepiej idzie nam rzucanie do przodu niż w górę [101]. Ponieważ zależy nam na osiągnięciu jak największej wysokości, możemy użyć przedmiotów, które rzucone do przodu skręcą w górę; bumerangi Aerobie Orbiters, którymi bawiłem się w dzieciństwie, często lądowały na czubkach najwyższych drzew [102] . Problem ten można również rozwiązać, korzystając z urządzenia przedstawionego na rysunku poniżej.

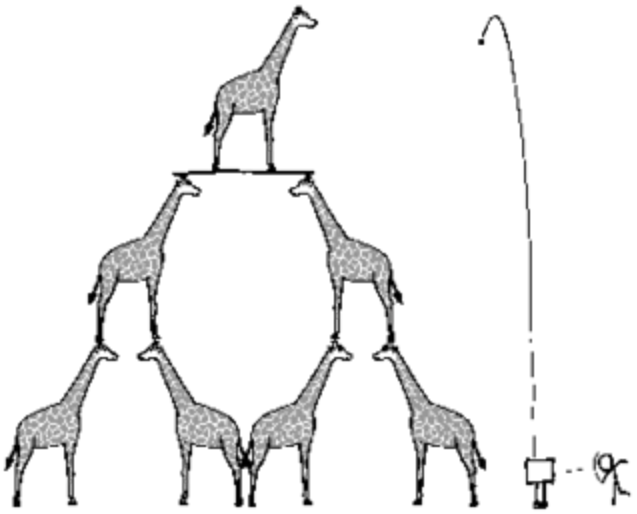


Urządzenie do uderzania się w głowę piłką baseballową z czterosekundowym opóźnieniem.

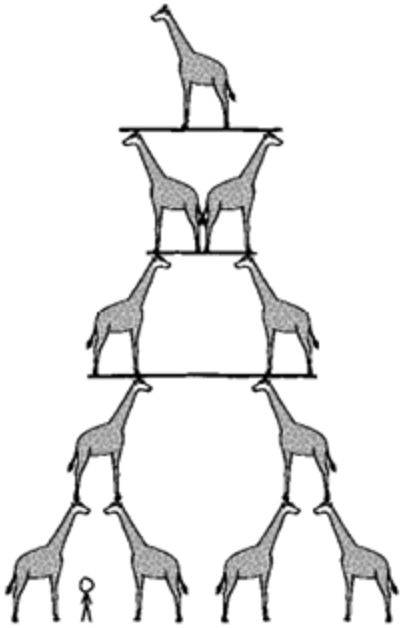
Moglibyśmy także zastosować trampolinę, wysmarowaną tłuszczem zjeżdżalnię lub wiszącą procę – wszystko, co wyrzuci obiekt w górę, nie zmieniając przy tym jego prędkości. Oczywiście moglibyśmy również spróbować zrobić coś takiego:

Przeprowadziłem podstawowe obliczenia aerodynamiczne dla piłki baseballowej wyrzucanej z różnymi prędkościami. Otrzymane wysokości podam w jednostkach zwanych żyrafami.

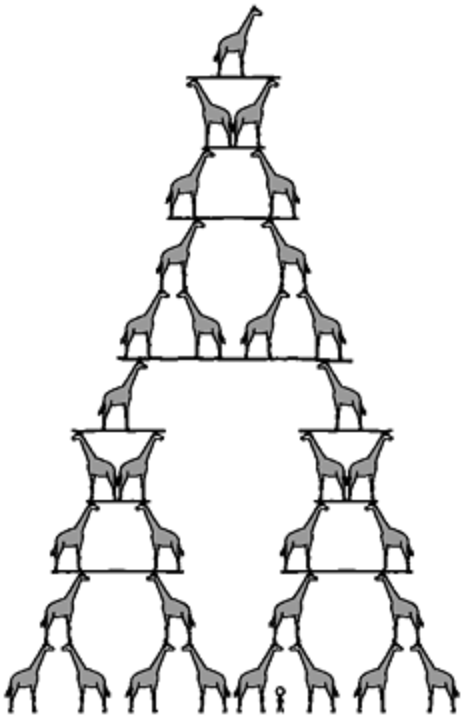
Przeciętny człowiek może prawdopodobnie rzucić piłką baseballową na wysokość co najmniej trzech żyraf.



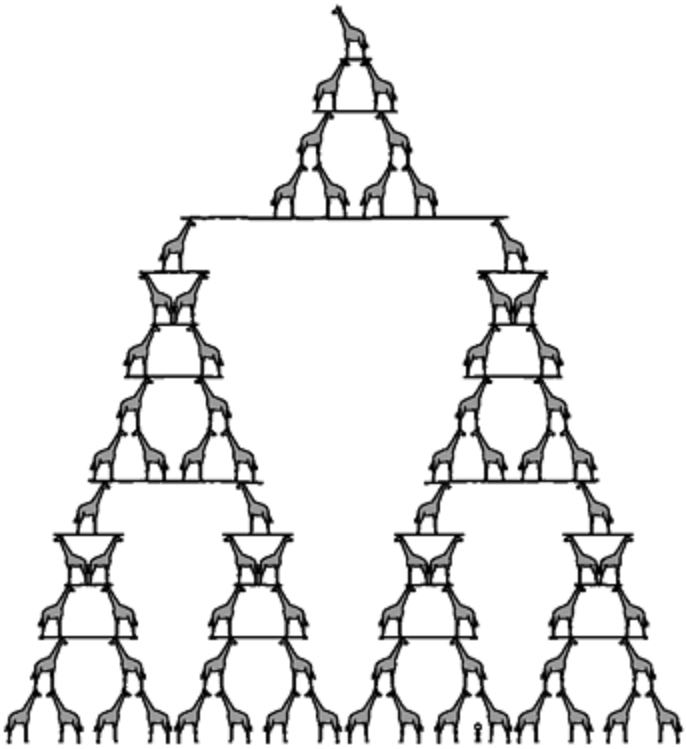
Ktoś o dość silnym ramieniu mógłby osiągnąć wysokość pięciu żyraf.



Miotacz rzucający piłkę z prędkością 130 kilometrów na godzinę zdołałby osiągnąć wysokość 10 żyraf.



Aroldis Chapman, oficjalny rekordzista świata, jeśli chodzi o prędkość rzutu piłką baseballową (169 kilometrów na godzinę), teoretycznie mógłby ją podrzucić na wysokość 14 żyraf.



Co się jednak stanie z przedmiotami innymi niż piłka baseballowa? Za pomocą takich narzędzi jak proce, kusze czy używane do gry w pelotę specjalne rakiety z wikliny możemy ciskać przedmioty z o wiele większą prędkością.

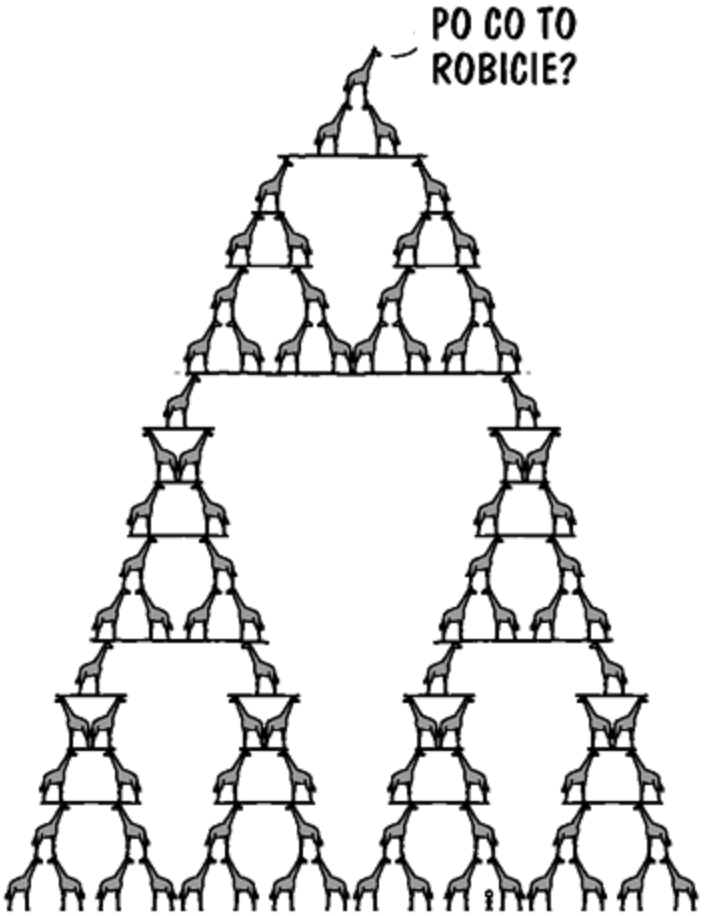
Piłka baseballowa nie jest prawdopodobnie idealnym pociskiem, trudno jednak znaleźć dane dotyczące prędkości innych rzucanych obiektów. Na szczęście brytyjski oszczepnik Roald Bradstock zorganizował zawody w rzucaniu dowolnymi przedmiotami, podczas których rzucał na przykład martwą rybą czy zlewem kuchennym. Dostarczyły nam one wielu wartościowych danych [103]; a przede wszystkim wskazały na potencjalnie najlepszy do naszych celów pocisk: piłkę golfową.

Niewielu zawodowych sportowców notuje swoje wyniki w rzucaniu piłkami golfowymi. Na szczęście Bradstock to zrobił. Jego rekordowy rzut wynosi 155 metrów. Co prawda rzucał wówczas z rozbiegu, ale i tak daje to

podstawę do twierdzenia, że piłka golfowa mogłaby się okazać bardziej przydatna do naszych celów niż piłka baseballowa. Z punktu widzenia fizyki ma to zresztą sens; w baseballu ograniczenie stanowi moment siły łokcia, a lżejsza piłka golfowa mogłaby pozwolić rzucającemu na trochę szybszy ruch ręką.

Wynikająca ze zmiany rodzaju piłki większa prędkość nie byłaby prawdopodobnie bardzo duża, ale wydaje się prawdopodobne, że zawodowy miotacz mógłby, po pewnym treningu, rzucić piłką golfową szybciej niż baseballową.

Jeśli tak, to opierając się na obliczeniach aerodynamicznych, możemy założyć, że Aroldis Chapman rzuciłby piłką golfową na wysokość około 16 żyraf.



Jest to prawdopodobnie maksymalna wysokość, na jaką człowiek może czymś rzucić.

…o ile nie bierzemy pod uwagę techniki, za pomocą której moje pięcioletnie dziecko potrafiłoby z łatwością pobić te wszystkie rekordy.

Zabójcze neutrina

Jak blisko supernowej musielibyśmy się znajdować, aby otrzymać śmiertelną dawkę promieniowania neutrinowego?

DR DONALD SPECTOR

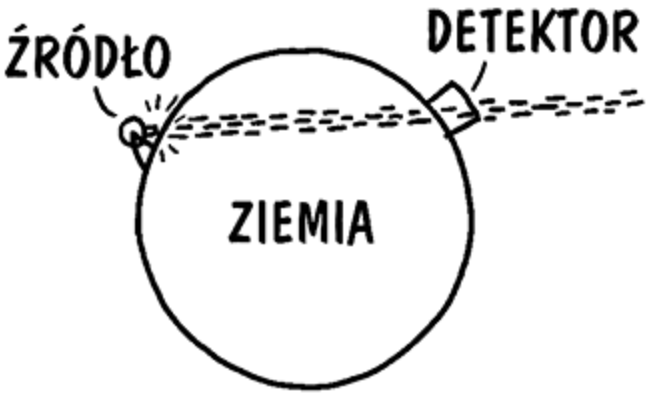
WYRAŻENIE „ŚMIERTELNA DAWKA promieniowania neutrinowego” brzmi trochę dziwnie. Musiałem kilka razy potrząsnąć głową, aby to do mnie dotarło. Dla kogoś, kto nie jest fizykiem, nie musi jednak ono brzmieć tak zaskakująco, dlatego też pozwolę je sobie umieścić w odpowiednim kontekście.

Neutrina są widmowymi cząstkami, które prawie nie oddziałują z materią. Spójrzcie na swoją dłoń – w każdej sekundzie przechodzi przez nią około biliona neutrin docierających do nas ze Słońca.

W porządku, możesz już przestać patrzeć na swoją dłoń.

Powodem, dla którego nie zauważamy strumienia neutrin, jest to, że zasadniczo ignorują one zwykłą materię. Z ogromnej liczby tych cząstek w ciągu kilku lat średnio tylko jedno neutrino „uderzy” w jakikolwiek atom naszego ciała [104].

Neutrina są w istocie tak widmowymi cząstkami, że cała Ziemia jest dla nich przezroczysta; prawie wszystkie neutrina docierające do nas ze Słońca przechodzą przez nią bez przeszkód. W celu wykrycia neutrin budowane są ogromne zbiorniki wypełnione setkami ton wody i detektorami – w nadziei zarejestrowania uderzenia choć pojedynczego neutrina słonecznego. A jeśli chcemy za pomocą akceleratora cząstek (w którym wytwarzane są neutrina) wysłać wiązkę neutrin do znajdującego się gdzieś detektora, wystarczy skierować tę wiązkę w jego stronę – nawet jeśli jest on umieszczony po drugiej stronie Ziemi!



Dlatego też wyrażenie „śmiertelna dawka promieniowania neutrinowego” wydaje się takie dziwne – jest to absurdalne pomieszanie dwóch różnych skal. To trochę tak, jakbyśmy dosłownie potraktowali powiedzenie „porywać się z motyką na słońce” czy zdanie: „Stadion piłkarski wypełniony mrówkami po brzegi” [105]. Jeśli mamy jakieś pojęcie o matematyce, tak samo niezrozumiałe będzie dla nas wyrażenie „$\ln(x)^e$”, które nie ma absolutnie żadnego sensu. Nie potrafimy sobie wyobrazić sytuacji, w jakiej mogłoby ono mieć jakiekolwiek zastosowanie [106].

Samo wyprodukowanie wystarczająco dużej liczby neutrin, aby chociaż **jedno** z nich weszło w reakcję z materią, jest ogromnie trudne; nie sposób więc wyobrazić sobie sytuacji, w której byłoby ich wystarczająco dużo , żeby mogły nam zrobić jakąkolwiek krzywdę.

Taki scenariusz jest jednak możliwy w przypadku supernowych. Dr Spector (fizyk w college’ach Hobart i William Smith), który zadał to pytanie, wyjaśnił mi, jak według niego określa się liczby dotyczące supernowych: jakkolwiek wielkie byłyby nasze o nich wyobrażenia, rzeczywistość i tak je przerasta.

A oto pytanie, które pozwoli nam zrozumieć skalę problemu. Jeśli wziąć pod uwagę ilość energii dostarczonej do naszej źrenicy, co byłoby jaśniejsze: supernowa widziana z Ziemi i znajdująca się w takiej samej odległości od nas jak Słońce czy wybuch bomby wodorowej **przystawionej do naszej gałki ocznej**?

Czy możesz się pospieszyć i wreszcie ją zdetonować? Jest okropnie ciężka…

Jeżeli przyjmiemy zasadę dr. Spectora, może się wydawać, że supernowa będzie jaśniejsza. I tak rzeczywiście jest… **o dziewięć wielkości gwiazdowych**.

Właśnie dlatego jest to świetne pytanie – supernowe są niewyobrażalnie ogromne, a neutrina niewyobrażalnie niematerialne. W którym punkcie te dwie niewyobrażalne rzeczy się zrównoważą i otrzymamy jakiś efekt mierzalny w ludzkiej skali?

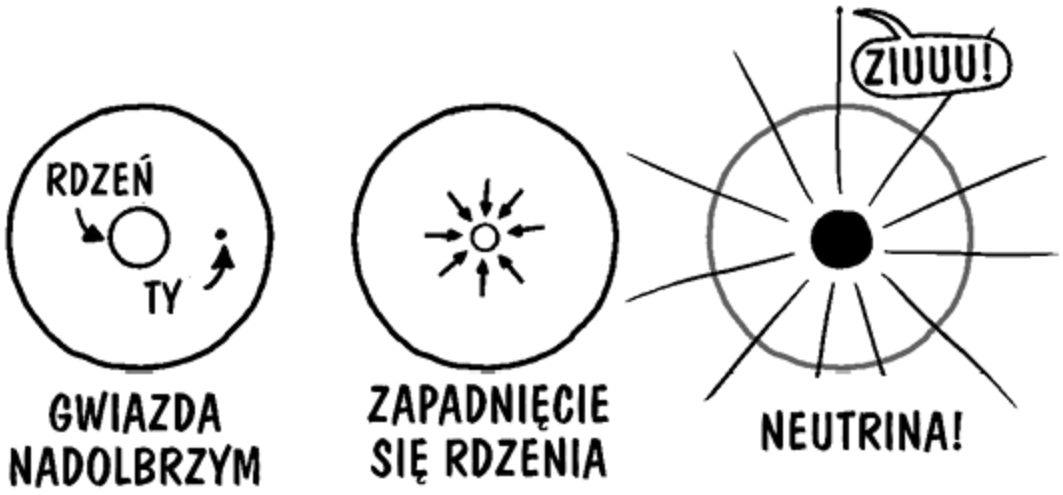
Odpowiedź na to pytanie daje opracowanie specjalisty w dziedzinie promieniowania, Andrew Karama. Wyjaśnia on, że w przypadku niektórych supernowych podczas zapadania się rdzenia gwiazdy i przekształcania jej w gwiazdę neutronową uwalnia się 10^{57} neutrin (jedno na każdy proton w gwieździe, która się zapada i staje gwiazdą neutronową). Karam obliczył, że dawka promieniowania neutrinowego wyniosłaby w odległości jednego parseka [107] około pół nanosiwerta, czyli jedną pięćsetną dawki, jaką otrzymujemy podczas jedzenia banana [108]. Śmiertelna dawka promieniowania to około czterech siwertów. Dawkę promieniowania możemy obliczyć za pomocą prawa odwrotnych kwadratów.

$$0{,}5 \text{ nanosiwerta} \times \left(\frac{1 \text{ parsek}}{x}\right)^2 = 4 \text{ siwerty}$$

$$x = 0{,}00001118 \text{ parseków} = 2{,}3 \text{ jednostki astronomicznej}$$

To trochę więcej niż odległość pomiędzy Słońcem a Marsem.

Zapadnięcia rdzenia zdarzają się u gwiazd olbrzymów, gdybyśmy więc obserwowali supernową z takiej odległości, to prawdopodobnie znajdowalibyśmy się w zewnętrznych warstwach nowo powstałej gwiazdy.



Rozbłysk GRB 080319B był najjaśniejszym zaobserwowanym dotąd zdarzeniem w Kosmosie – szczególnie dla tych, którzy unosili się w jego pobliżu na deskach surfingowych.

Zagadnienie szkodliwości promieniowania neutrinowego uzmysławia nam, jak ogromne są supernowe. Gdybyśmy obserwowali supernową z odległości jednej jednostki astronomicznej – i w jakiś sposób zdołalibyśmy uniknąć spopielenia, odparowania lub przekształcenia się w rodzaj egzotycznej plazmy – to nawet wiązka widmowych neutrin byłaby dostatecznie gęsta, aby nas zabić.

Nawet ptasie pióro, poruszające się z odpowiednio dużą prędkością, mogłoby nas obalić na ziemię.

Dziwne (i niepokojące) pytania z What if? Skrzynka odbiorcza nr 8

Toksyna blokuje zdolność kanalików nefronów do wchłaniania zwrotnego, ale nie zaburza filtracji. Jakie są potencjalne krótkotrwałe efekty działania takiej toksyny?

Mary

DOKTORZE, PACJENT TRACI PRZYTOMNOŚĆ! MUSIMY COŚ ZROBIĆ!
POCZEKAJ! CHCĘ POZNAĆ OPINIĘ RYSOWNIKA KOMIKSÓW INTERNETOWYCH!

Gdyby muchołówka mogła zjeść człowieka, ile czasu potrzebowałaby, żeby wycisnąć z niego wszystkie soki i go wchłonąć?

Jonathan Wang

SIEDEM LAT, JEŚLI TEN KTOŚ ŻUŁBY GUMĘ,
DAM GŁOWĘ, ŻE BOBA FETT ŻUŁ GUMĘ, KIEDY SARLACC GO POŻARŁ! WSZYSTKO SIĘ ZGADZA!
ALE TO MIEJSKA LEGENDA.
NIE MOGĘ UWIERZYĆ, ŻE UNIWERSYTET DAŁ CI STOPIEŃ NAUKOWY.

Próg zwalniający

Z jaką maksymalną prędkością możemy najechać samochodem na próg zwalniający i przeżyć?

MYRLIN BARBER

Z ZASKAKUJĄCO DUŻĄ.

Na początek zastrzeżenie prawne: po przeczytaniu tej odpowiedzi nie próbujcie przejeżdżać z dużą prędkością przez progi zwalniające. A oto kilka powodów, dlaczego nie powinniście tego robić:

- Możecie w kogoś uderzyć i go zabić.
- Możecie zniszczyć opony, zawieszenie, a nawet cały samochód.
- Czy **uważnie** przeczytaliście inne odpowiedzi na zawarte w tej książce pytania?

1,50$ ALBO NAJWYŻSZA OFERTA
WIADOMOŚCI
WSZYSTKO, CZEGO DRAŻO NAM SIĘ DOWIEDZIEĆ
DEPARTAMENT TRANSPORTU UMIEŚCI PROGI ZWALNIAJĄCE NA AUTOSTRADACH MIĘDZYSTANOWYCH
„ZOBACZYMY, CO SIĘ BĘDZIE DZIAŁO"

Jeśli to wam nie wystarcza, poniżej znajdziecie kilka cytatów z czasopism medycznych, opisujących uszkodzenia kręgosłupa spowodowane szybkim najechaniem na progi zwalniające.

> Prześwietlenie oraz tomografia komputerowa odcinka piersiowo-lędźwiowego kręgosłupa wykazały złamania kompresyjne u czterech pacjentów (…) Zastosowano tylną instrumentację (…) Wszyscy pacjenci wrócili do zdrowia, z wyjątkiem jednego, u którego wystąpiło złamanie odcinka szyjnego kręgosłupa.

> Najczęściej łamanym kręgiem lędźwiowym był krąg L1.

> Inkorporacja pośladków o rzeczywistych właściwościach zmniejszyła, jak podaje literatura, pierwszą częstotliwość pionowych drgań własnych z ~ 12 do 5,5 Hz.

Ten ostatni fragment nie dotyczy bezpośrednio obrażeń ciała spowodowanych przez próg zwalniający, ale i tak chciałem was z nim zapoznać.

Zwykłe progi zwalniające prawdopodobnie nas nie zabiją

Progi zwalniające mają skłonić kierowców do wolniejszej jazdy. Przejazd przez zwykły próg z prędkością ośmiu kilometrów na godzinę skutkuje delikatnym bujnięciem, ale jeśli będziemy jechać 30 kilometrów na godzinę, odczujemy już porządne szarpnięcie. Naturalne więc wydaje się przypuszczenie, że uderzenie w próg zwalniający z prędkością 100 kilometrów na godzinę spowoduje proporcjonalnie większe szarpnięcie – ale to mało prawdopodobne.

Powyższe cytaty medyczne świadczą o tym, że ludzie doznają czasami obrażeń podczas przejeżdżania przez progi zwalniające. Jednak prawie wszystkie te przypadki są bardzo specyficzne: dotyczą osób siedzących na twardych siedzeniach z tyłu autobusu jadącego po źle utrzymanych drogach.

Kiedy prowadzimy samochód, przed progami zwalniającymi chronią nas dwie rzeczy: opony i zawieszenie. Niezależnie od tego, z jaką prędkością jedziemy, jeśli próg nie jest na tyle duży, byśmy uderzyli w niego podwoziem, przejazd zostanie zamortyzowany i prawdopodobnie nic nam się nie stanie.

Amortyzacja wstrząsu niekoniecznie wpłynie **korzystnie** na opony i zawieszenie. Opony mogą eksplodować [109], a jeśli próg jest na tyle duży, żeby uderzyły w niego felgi, trwałemu uszkodzeniu może ulec wiele ważnych elementów samochodu.

Zwykły próg zwalniający ma wysokość 7–10 centymetrów. Tyle mniej więcej wynosi także profil opony (czyli odległość od krawędzi felgi do ziemi)[110]. Oznacza to, że jeśli samochód najedzie na nieduży próg zwalniający, felga go nie dotknie, a opona zostanie tylko ściśnięta.

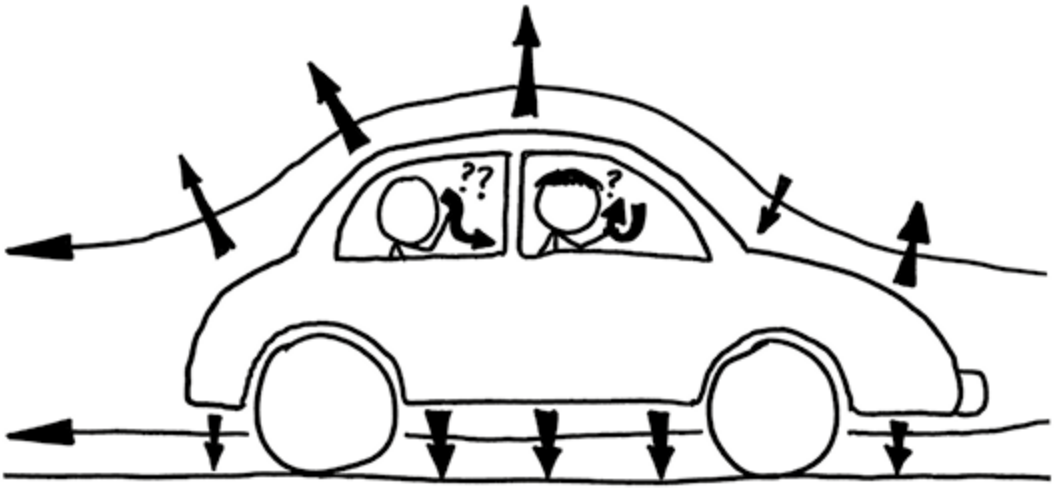
Typowy sedan osiąga prędkość maksymalną około 190 kilometrów na godzinę. Jakiekolwiek uderzenie w próg zwalniający z taką prędkością prawdopodobnie doprowadziłoby do utraty panowania nad samochodem przez kierowcę i do wypadku[111], jednak **samo** szarpnięcie raczej nie byłoby dla nas śmiertelne w skutkach. Gdybyśmy natomiast uderzyli w wyższy lub dłuższy próg zwalniający, mogłoby to skończyć się źle dla naszego samochodu.

Z jaką prędkością musielibyśmy jechać, żeby na pewno zginąć?

Co stałoby się z samochodem jadącym **szybciej**, niż wynosi jego prędkość maksymalna? Przeciętny współczesny samochód może się rozpędzić do około 190 kilometrów na godzinę, najszybsze samochody osiągają prędkości około 320 kilometrów na godzinę. Większość samochodów ma prędkość maksymalną ograniczoną elektronicznie przez komputer, ale na fizyczną granicę tej prędkości wpływa opór powietrza. Rośnie on wraz z kwadratem prędkości; w pewnym momencie silnikowi samochodu po prostu brakuje mocy, żeby jechać szybciej.

Jeśli **zmusimy** nasz samochód do szybszej jazdy, niż wynosi jego prędkość maksymalna – na przykład ponownie używając magicznego przyspieszacza, znanego nam ze scenariusza z relatywistyczną piłką baseballową – wówczas próg zwalniający będzie naszym najmniejszym problemem.

Jadący samochód wytwarza siłę nośną. Powietrze opływające auto działa na nie różnego rodzaju siłami.

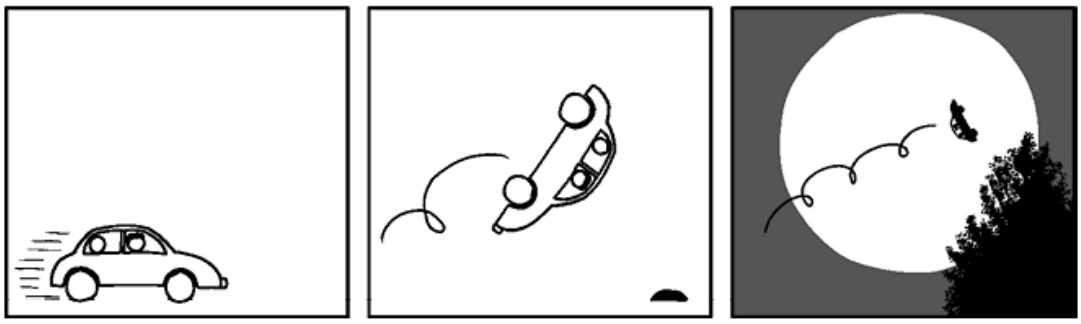


Skąd się wzięły te wszystkie strzałki?

Przy jeździe z normalną prędkością siły nośne są stosunkowo małe, ale przy wyższych prędkościach stają się znaczące. W wyposażonych w spojlery samochodach Formuły 1 siła ta działa w dół, dociskając samochód do toru. W zwykłym sedanie siła nośna podnosi go do góry.

Kiedy samochód jadący po torze zaczyna się obracać wokół własnej osi, fani wyścigów NASCAR mówią często o wynoszącej 320 kilometrów na godzinę „prędkości startowej”. W innych wyścigach zdarzały się spektakularne wypadki zakończone dachowaniem, gdy prawa aerodynamiki nie zadziałały tak, jak przewidywano.

Najistotniejsze jest to, że zwykły samochód jadący z prędkością powyżej 250 kilometrów na godzinę uniósłby się w powietrze, przekoziołkował i rozbił o ziemię… zanim w ogóle uderzyłby w próg zwalniający.



PILNE: Dziecko i niezidentyfikowana istota w koszyku rowerowym zginęły w wyniku uderzenia przez samochód.

Gdyby jednak udało się zapobiec unoszeniu się samochodu w powietrze, siła wiatru oderwałaby mu maskę, boki oraz okna. Przy wyższych prędkościach samochód zostałby „rozmontowany” i mógłby nawet spłonąć, tak jak statek kosmiczny wchodzący w atmosferę.

Gdzie jest granica?

W stanie Pensylwania kierowcy dostają mandat w wysokości dwóch dolarów za przekroczenie dozwolonej prędkości o jedną milę na godzinę.

Gdybyśmy więc prowadzili samochód w stanie Pensylwania i przejechali przez próg zwalniający z prędkością równą 90 procentom prędkości światła, nie tylko zniszczylibyśmy całe miasto…

…ale moglibyśmy również spodziewać się mandatu w wysokości 1,14 miliarda dolarów.

Zagubieni nieśmiertelni

Gdyby dwie nieśmiertelne osoby znajdowały się po przeciwnych stronach niezamieszkanej planety podobnej do Ziemi, ile czasu musiałoby upłynąć, zanimby się odnalazły? 100 tysięcy lat? Milion lat? 100 miliardów lat?

ETHAN LAKE

ZACZNIJMY OD prostej odpowiedzi, typowej dla fizyków[112]: 3 tysiące lat. Tyle mniej więcej czasu zajęłoby dwóm osobom odnalezienie się, jeśli przyjęlibyśmy, że będą się one poruszać ruchem okrężnym, na chybił trafił, przez 12 godzin na dobę, i dostrzegą się z odległości jednego kilometra.

W takim układzie od razu pojawiają się problemy [113]. Najważniejszym z nich jest założenie, że zawsze i wszędzie zdołamy zobaczyć inną osobę znajdującą się w odległości kilometra od nas. Jest to możliwe tylko w idealnych warunkach; na pewno dostrzeglibyśmy człowieka idącego grzbietem górskim, ale już w gęstym lesie podczas burzy dwóch ludzi mogłoby się minąć w odległości kilku metrów, nie zauważając się wzajemnie.

Moglibyśmy próbować obliczyć przeciętną widoczność w różnych miejscach na Ziemi, ale w tym momencie pojawia się kolejne pytanie: dlaczego dwie osoby próbujące się odnaleźć miałyby spędzać czas w gęstej dżungli? Większy sens miałby wybór płaskiego, otwartego terenu, na którym z łatwością mogłyby się zobaczyć [114].

Poza tym, jeśli weźmiemy pod uwagę psychikę naszych bohaterów, przyjęty przez fizyków model „kulistego” nieśmiertelnego człowieka zawieszonego w próżni zaczyna stwarzać kolejne problemy [115]. Dlaczego właściwie mielibyśmy zakładać, że tamci dwaj będą się poruszać na chybił trafił? Najlepsza strategia mogłaby być zupełnie inna.

Jaka strategia **byłaby** więc najlepsza dla naszych zagubionych nieśmiertelnych?

Jeśli założymy, że uda im się wszystko wcześniej zaplanować, jest ona prosta. Nasi bohaterowie mogą zorganizować spotkanie na biegunie północnym lub południowym albo – gdyby akurat były one niedostępne – w najwyższym punkcie terenu lub przy ujściu najdłuższej rzeki. W przypadku pojawienia się jakichś wątpliwości mogą po prostu przemieszczać się losowo między tymi wszystkimi miejscami. Mają na to mnóstwo czasu.

Jeśli natomiast założymy, że nieśmiertelni nie mają możliwości wcześniej się porozumieć, sytuacja nieco się komplikuje. Skoro nie znamy strategii drugiej osoby, skąd możemy wiedzieć, jaka powinna być **nasza** strategia?

Jest taka stara łamigłówka, jeszcze sprzed epoki telefonów komórkowych, a brzmi ona następująco:

Załóżmy, że mamy spotkać znajomego w mieście, w którym nigdy wcześniej nie byliśmy, i nie mamy możliwości wcześniejszego zorganizowania tego spotkania. Dokąd byśmy poszli?

Autor łamigłówki sugeruje, że logicznym rozwiązaniem byłoby pójście na pocztę główną i czekanie przy okienku, przy którym wydaje się

przesyłki zamiejscowe. Jego zdaniem takie miejsce znajduje się w każdym mieście i każdy wie, jak do niego trafić.

Dla mnie jest to raczej słaby argument, a co ważniejsze, nie potwierdza się w praktyce. Zadałem to pytanie wielu osobom i żadna z nich nie wybrała poczty. Autor łamigłówki czekałby na poczcie całkiem sam.

Sytuacja naszych zagubionych nieśmiertelnych jest znacznie trudniejsza, ponieważ nie mają pojęcia o geografii planety, na której się znajdują.

Rozsądnym rozwiązaniem wydaje się zatem poruszanie wzdłuż linii brzegowych. Większość ludzi mieszka w pobliżu wody i znacznie łatwiej jest szukać się w ten sposób, niż iść prosto przed siebie. Gdyby to założenie okazało się mylne, to i tak straciliby mniej czasu, niż gdyby rozpoczęli swoje poszukiwania w głębi lądu.

Jeśli przyjęlibyśmy, że ich planeta ma mniej więcej ziemskie proporcje wielkości kontynentów do długości ich linii brzegowych, obejście dookoła przeciętnej wielkości kontynentu zajęłoby im pięć lat [116].

Załóżmy, że szukają się dwie osoby przebywające na tym samym kontynencie. Gdyby obie szły w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara, krążyłyby bez końca i nigdy by się nie znalazły. To nie jest dobry pomysł.

Mogłyby też zastosować inną metodę: zrobić pełne okrążenie kontynentu w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara, a potem rzucić monetą. Jeśli wypadnie orzeł, zrobić kolejne kółko w tę samą stronę, a jeśli reszka, pójść zgodnie z ruchem wskazówek zegara. Gdyby obie stosowały ten sam algorytm, szansa na spotkanie po kilku okrążeniach kontynentu byłaby bardzo duża.

Założenie, że obie osoby będą stosować ten sam algorytm, jest dość optymistyczne. Na szczęście istnieje jeszcze lepsze rozwiązanie: zostać mrówką.

Poniżej podaję algorytm, który ja będę stosował (jeśli kiedykolwiek zgubimy się na jakiejś planecie, miejcie to na uwadze!).

Pozbawieni jakichkolwiek informacji o zamiarach innej osoby, idziemy na chybił trafił, zostawiając za sobą znaki zrobione z kamieni i wytyczające kolejne punkty orientacyjne. Po całym dniu marszu odpoczywamy trzy dni. Od czasu do czasu usypujemy kopiec i umieszczamy na nim datę. Nieważne, jak to zrobimy, ważne, żeby nasza metoda była spójna. Możemy rzeźbić daty na skałach albo układać je z kamieni. Jeśli natrafimy na kopce z datami późniejszymi niż dotychczas napotkane, podążamy ich śladem najszybciej, jak to możliwe. Jeśli się zgubimy, zaczynamy ponownie oznaczać własny szlak.

Nie musimy od razu natrafić na naszego poszukiwanego; powinniśmy po prostu odnaleźć miejsca, w których on przebywał. Możemy próbować

„polować” na siebie, zataczając kręgi, lecz o ile będziemy się szybciej poruszać po cudzym szlaku, niż tworzyć własny, odnajdziemy się po latach lub dziesięcioleciach.

Gdyby jednak nasz partner nie współpracował – na przykład siedział w miejscu i czekał na nas – zobaczymy przynajmniej wiele wspaniałych miejsc.

Prędkość orbitalna

Co by się działo, gdyby wchodzący w atmosferę ziemską przy użyciu silników startowych statek kosmiczny zwolnił do kilku kilometrów na godzinę, podobnie jak marsjański podniebny żuraw? Czy w takiej sytuacji nadal potrzebowalibyśmy osłony termicznej?

Brian

Czy można tak kontrolować wejście statku kosmicznego w atmosferę ziemską, aby uniknąć wpływu ciśnienia atmosferycznego i tym samym konieczności stosowania w jego konstrukcji drogiej (i stosunkowo delikatnej) zewnętrznej osłony termicznej?

Christopher Mallow

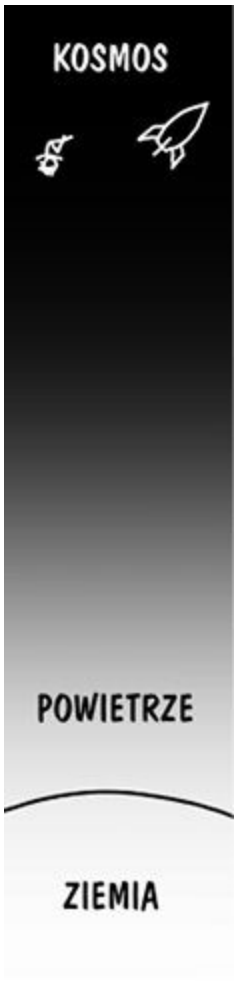
Czy (mała) rakieta (niosąca ładunek) mogłaby zostać wyniesiona w atmosferze na tak dużą wysokość, że do osiągnięcia prędkości ucieczki potrzebowałaby tylko małego silnika rakietowego?

KENNY VAN DE MAELE

ODPOWIEDŹ NA wszystkie te pytania dotyczy tej samej kwestii, która przewijała się już w moich odpowiedziach. Teraz omówię ją bardziej szczegółowo.

Powodem problemów z dotarciem na orbitę okołoziemską **nie jest** to, że przestrzeń kosmiczna znajduje się tak wysoko. Trudno tam dotrzeć, ponieważ musimy poruszać się bardzo **szybko**.

Kosmos nie wygląda tak:



Wymiary nie są rzeczywiste.

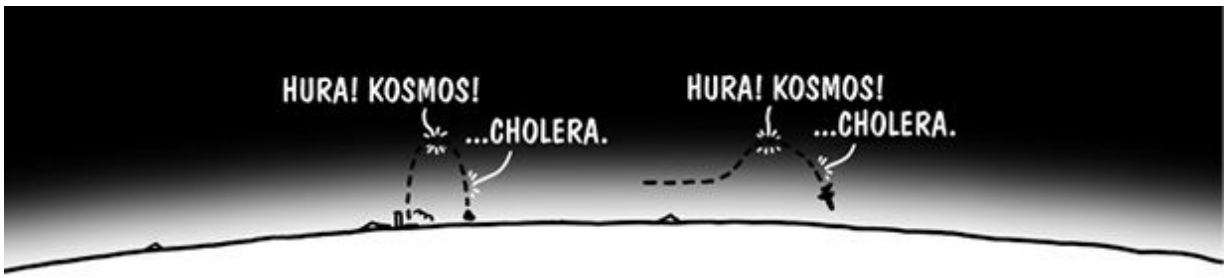
Kosmos wygląda **tak**:

Albo niech już będzie, wymiary są rzeczywiste.

Przestrzeń kosmiczna zaczyna się około 100 kilometrów od Ziemi. To daleko – nie chciałbym się tam wspinać po drabinie – ale nie **aż tak** daleko.

Ktoś, kto mieszka w Sacramento, Seattle, Canberze, Kalkucie, Hajdarabadzie, Phnom Penh, Kairze, Pekinie, środkowej Japonii, środkowej Sri Lance lub w Portland, do przestrzeni kosmicznej ma bliżej niż do morza.

Dotarcie w Kosmos jest proste [117]. Nie aż tak proste, żeby można się tam było dostać samochodem, ale nie jest to też takie wielkie wyzwanie. Można tego dokonać za pomocą rakiety wielkości słupa telefonicznego. Samolot X-15 dotarł do przestrzeni kosmicznej, gdy rozpędził się do dużej prędkości i następnie skierował ku górze [118].



Polecisz dzisiaj w Kosmos i zaraz szybko wrócisz.

Samo **dotarcie** do przestrzeni kosmicznej jest łatwe. Problemem jest **przebywanie** tam.

Grawitacja na niskiej orbicie okołoziemskiej jest niemal równie silna jak na powierzchni Ziemi. Stacja kosmiczna nie uwolniła się od przyciągania ziemskiego; działa na nią siła grawitacyjna o wartości wynoszącej około 90 procent siły grawitacji na powierzchni Ziemi.

Aby uniknąć zejścia z powrotem w atmosferę, należy utrzymywać **bardzo, bardzo dużą prędkość** orbitalną. Prędkość niezbędna do pozostania na orbicie wynosi około ośmiu kilometrów na sekundę [119]. Tylko ułamek energii rakiety zużywany jest na wyniesienie jej poza atmosferę; ogromna większość wykorzystywana jest do osiągnięcia prędkości orbitalnej.

W tym momencie dochodzimy do zasadniczego problemu związanego z dostaniem się na orbitę. **Osiągnięcie prędkości orbitalnej wymaga większej ilości paliwa niż osiągnięcie wysokości orbitalnej**. Aby rozpędzić statek kosmiczny do prędkości ośmiu kilometrów na sekundę, potrzeba wielu silników startowych. Samo osiągnięcie prędkości orbitalnej jest wystarczająco kłopotliwe; transportowanie dodatkowego paliwa potrzebnego do zmniejszania prędkości w czasie podróży powrotnej byłoby zupełnie niepraktyczne [120].

To szokująco duże zapotrzebowanie na paliwo jest powodem, dla którego stosuje się osłony termiczne, a nie silniki – chodzi o zmniejszenie prędkości statku przy wchodzeniu w atmosferę. Uderzenie w warstwę powietrza jest najbardziej praktycznym sposobem na wyhamowanie statku. Odpowiadając na pytanie Briana: łazik Curiosity nie był wyjątkiem, bo chociaż w jego przypadku zastosowano małe silniki rakietowe, aby umożliwić mu unoszenie się blisko powierzchni planety, to i tak najpierw wytracił on większość swojej prędkości, gdy wszedł w marsjańską atmosferę.

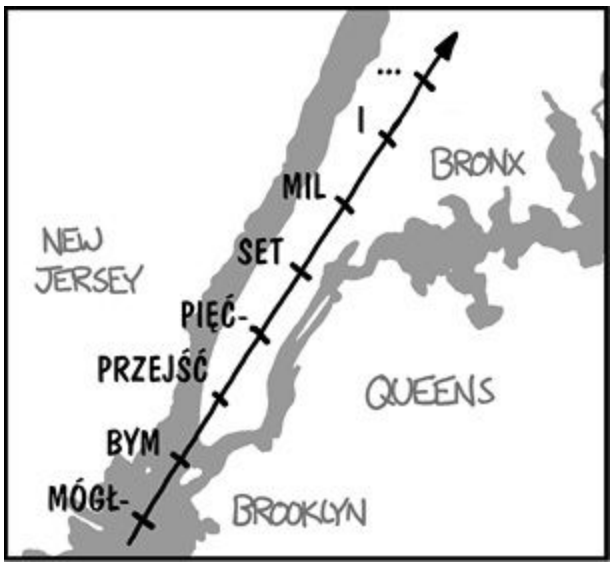
Ale czy osiem kilometrów na sekundę to naprawdę tak szybko?

Wydaje mi się, że przyczyną całego zamieszania związanego z tą prędkością jest fakt, że astronauci znajdujący się w przestrzeni kosmicznej wyglądają, jakby dryfowali powoli na tle niebieskiego Kosmosu.

A jednak osiem kilometrów na sekundę to piekielnie duża prędkość. Patrząc na niebo w pobliżu zachodzącego słońca, możemy czasami zobaczyć przelatującą Międzynarodową Stację Kosmiczną (ISS)… która pojawi się tam ponownie po upływie 90 minut [121]. W tym czasie okrąży całą kulę ziemską. Międzynarodowa Stacja Kosmiczna porusza się tak

szybko, że gdybyśmy wystrzelili w jej kierunku z karabinu z jednego końca piłkarskiego boiska [122], pocisk przeleciałby zaledwie niecałe 10 metrów w czasie, gdy ona przebyłaby całą długość tego boiska [123].

Wyobraźmy sobie, jak wyglądałby nasz spacer po powierzchni Ziemi z prędkością ośmiu kilometrów na sekundę. Aby lepiej uzmysłowić sobie tempo, w jakim będziemy się poruszać, wykorzystajmy rytm piosenki do mierzenia upływu czasu [124]. Weźmy pochodzący z 1988 roku utwór zespołu Proclaimers *I'm Gonna Be (500 Miles)* (Będę tym facetem, który przejdzie 500 mil). Rytm tej piosenki wynosi 131,9 uderzenia na minutę, wyobraźmy więc sobie, że z każdym uderzeniem perkusji przemieszczamy się o dwie mile.



W czasie, który zajęłoby zaśpiewanie pierwszej linijki refrenu, pokonalibyśmy odległość dzielącą Statuę Wolności od Bronksu, czyli poruszalibyśmy się z prędkością 15 przystanków metra na sekundę.

Czas potrzebny na zaśpiewanie dwóch linijek refrenu (16 uderzeń perkusji) wystarczyłby na pokonanie dystansu z Londynu do Francji przez kanał La Manche. Piosenka *I'm Gonna Be* trwa trzy minuty i trzydzieści sekund, a Międzynarodowa Stacja Kosmiczna porusza się z prędkością 7,66

kilometra na sekundę. Tak się przy tym składa, że astronauta słuchający tego utworu przebyłby w czasie jego trwania…

…prawie **dokładnie** tysiąc mil.

Przepustowość łącza FedEx

Kiedy – i czy kiedykolwiek – przepustowość internetu będzie większa od przepustowości FedEx-u?

JOHAN ÖBRINK

Nigdy nie lekceważcie przepustowości samochodu kombi wypełnionego kasetami i pędzącego po autostradzie.

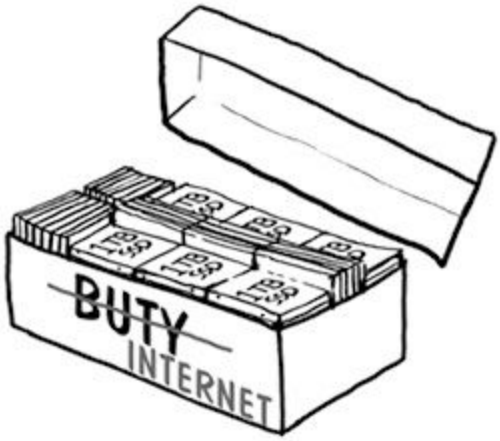
Andrew Tanenbaum, 1981

JEŚLI CHCECIE przetransferować kilkaset gigabajtów danych, szybszej będzie wysłać twardy dysk FedEx-em, niż przesyłać je za pomocą internetu. Nie jest to nowy pomysł – nazywany jest on często SneakerNet i nawet Google korzysta z niego przy przesyłaniu dużej ilości danych w obrębie firmy.

Czy jednak zawsze tak będzie szybciej? Firma Cisco ocenia, że całkowity ruch internetowy wynosi obecnie 167 terabitów na sekundę. FedEx posiada flotę 654 samolotów o łącznym udźwigu wynoszącym 12 milionów kilogramów dziennie. Dysk twardy laptopa waży 78 gramów i mieści do jednego terabajta danych.

Oznacza to, że FedEx może przetransferować 150 eksabajtów danych dziennie, czyli 14 petabitów na sekundę – prawie 100 razy więcej, niż wynosi obecna przepustowość internetu.

Jeżeli koszty nie mają dla nas znaczenia, to w ważącym 10 kilogramów pudełku na buty można pomieścić sporą część internetu.



TWARDE DYSKI DO
NAJNOWOCZEŚNIEJSZYCH LAPTOPÓW: 136
PAMIĘĆ: 136 TERABAJTÓW
CENA: 130 000 DOLARÓW
(PLUS 40 DOLARÓW ZA BUTY)

Możemy jeszcze bardziej zwiększyć gęstość danych, jeśli użyjemy kart microSD:

KARTY MICROSD: 25 TYSIĘCY
PAMIĘĆ: 1,6 PETABAJTA
CENA DETALICZNA: 1,2 MILIONA DOLARÓW

Te karty wielkości paznokcia mają gęstość upakowania danych wynoszącą 160 terabajtów na kilogram, co oznacza, że cała flota samolotów FedEx załadowana kartami microSD mogłaby przetransferować 177 petabitów na sekundę, czyli dwa zettabajty dziennie – tysiąc razy więcej od obecnego poziomu ruchu internetowego. Potrzebna infrastruktura prezentowałaby się ciekawie: Google musiałoby zbudować olbrzymie magazyny, aby przeprowadzić ogromną operację przetwarzania kart.

Cisco ocenia, że ruch internetowy wzrasta o 29 procent rocznie. W tym tempie poziom przepustowości FedEx-u zostanie osiągnięty w 2040 roku. Oczywiście do tego czasu wzrośnie też ilość danych mieszcząca się na dysku. Jedynym sposobem na to, aby rzeczywiście dogonić FedEx, jest tempo wzrostu transferu danych przewyższające tempo wzrostu pojemności dysków. Intuicja podpowiada nam, że jest to nieprawdopodobne, ponieważ pojemność i transfer danych są ze sobą nierozerwalnie związane – wszystkie dane skądś przychodzą i dokądś idą, ale nie można określić wzoru opisującego sposób, w jaki się to odbywa.

FedEx jest wystarczająco potężny, aby przez kilka następnych dziesięcioleci utrzymywać obecny poziom przepustowości, nie ma jednak żadnych technicznych przeszkód uniemożliwiających nam zbudowanie łącza o jeszcze większej przepustowości. Istnieją już eksperymentalne kable światłowodowe, które radzą sobie z prędkością wynoszącą ponad petabit na sekundę. Dwieście takich kabli pokonałoby FedEx.

Jeśli udałoby się nam zwerbować całą branżę transportową do dostarczania kart SD, przepustowość na zamówieniu miałaby wartość 500 eksabitów – pół zettabita – na sekundę. Aby cyfrowo dorównać temu poziomowi transferu danych, potrzebowalibyśmy pół miliona takich petabitowych kabli światłowodowych.

Najistotniejsze jest to, że jeśli chodzi o zwykłą przepustowość FedEx-u, internet prawdopodobnie nigdy nie pobije SneakerNetu. Praktycznie nieskończona przepustowość internetu opartego na FedEx-ie miałaby jednak czasy pingów wynoszące 80 milionów milisekund.

Swobodne spadanie

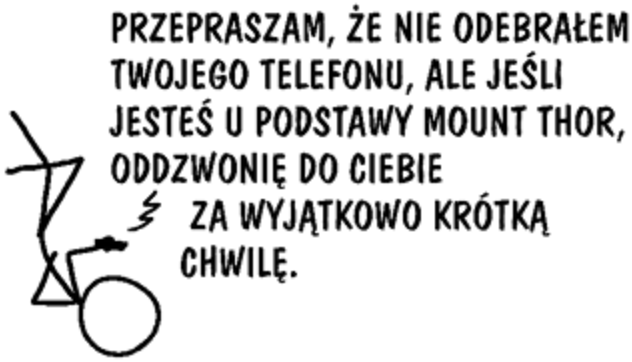
Gdzie na Ziemi możemy wykonać najdłuższy skok połączony ze swobodnym spadaniem? A gdybyśmy użyli do tego celu specjalnego kombinezonu?

DHASH SHRIVATHSA

NAJWIĘKSZYM PIONOWYM SPADEM na Ziemi jest kanadyjska góra Mount Thor, która wygląda tak, jak pokazałem poniżej.

Źródło:
*AAAA

To również na tyle długo, żeby nie zdążyć odebrać telefonu. W sieci Sprint po 23 sekundach włącza się poczta głosowa [125].

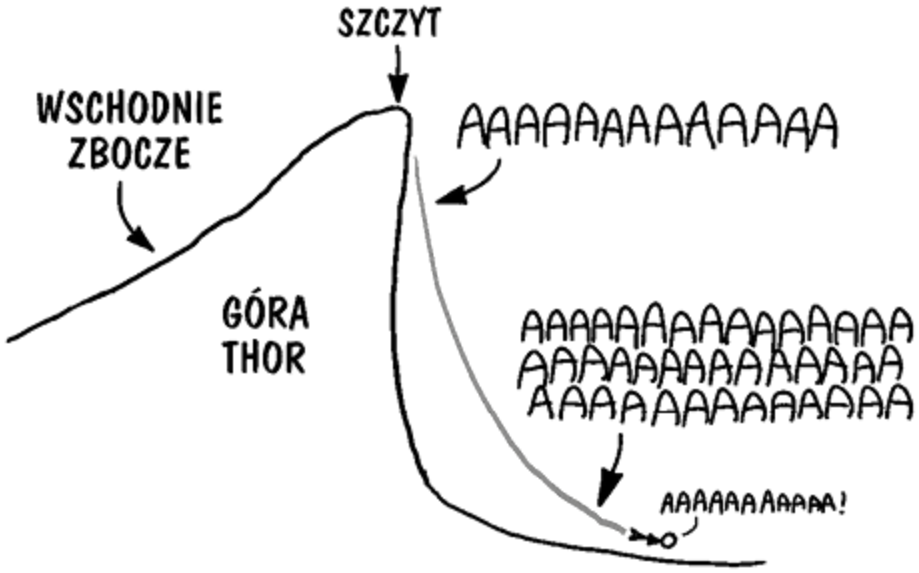

PRZEPRASZAM, ŻE NIE ODEBRAŁEM TWOJEGO TELEFONU, ALE JEŚLI JESTEŚ U PODSTAWY MOUNT THOR, ODDZWONIĘ DO CIEBIE ZA WYJĄTKOWO KRÓTKĄ CHWILĘ.

Gdyby ktoś do nas zadzwonił w momencie rozpoczęcia skoku, poczta głosowa włączyłaby się trzy sekundy przed naszym lądowaniem na ziemi.

Z drugiej jednak strony, gdybyśmy skoczyli z wysokich na 210 metrów irlandzkich klifów Moher, spadanie trwałoby tylko około ośmiu sekund – lub nieco dłużej przy silnych prądach wstępujących. To wciąż niewiele czasu, ale według River Tam wystarczy, aby odsączyć całą krew z naszego ciała przy zastosowaniu odpowiedniego układu próżniowego.

Do tej pory zakładaliśmy, że spadamy pionowo. Jednak wcale nie musi tak być.

Doświadczony spadochroniarz nawet bez specjalnego sprzętu jest w stanie, po osiągnięciu maksymalnej prędkości, szybować pod kątem prawie 45 stopni. Szybując dalej od podstawy klifu, można by teoretycznie znacznie wydłużyć swój czas spadania.



AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA…uff…
*AAAAAAAAAAAAAAAAAAAA

Nasze spadanie wydłużyłoby się do ponad minuty, i to nawet bez uwzględnienia przemieszczania się w poziomie. W tym czasie można by rozegrać partię szachów. To także wystarczająco długo, żeby wybrzmiała pierwsza zwrotka – z jakże wymownym tekstem – piosenki zespołu R.E.M. *It's the End of the World as We Know It* i dodatkowo cały fragment z końca utworu *Wannabe* grupy Spice Girls, z o wiele mniej odpowiednim tekstem.

Wystarczy połączyć wysokie klify z szybowaniem w poziomie, a czas opadania będzie jeszcze dłuższy.

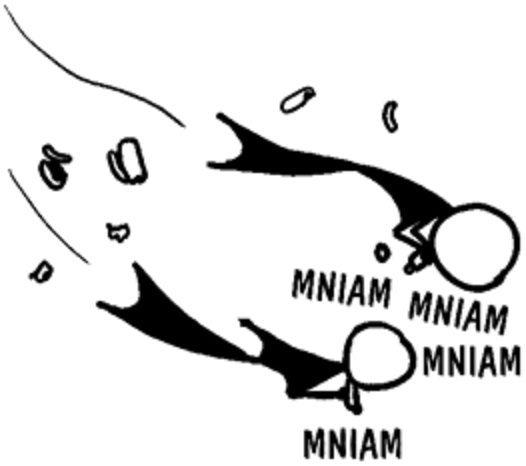
Istnieje wiele gór, które nadawałyby się do skakania i długiego opadania w specjalnym kombinezonie. Na przykład Nanga Parbat w Pakistanie, która ma bardzo stromy spadek o wysokości ponad trzech kilometrów. (Zaskakujące jest to, że kombinezon wciąż świetnie by się spisywał w tak rozrzedzonym powietrzu, mimo że w akurat tym przypadku skoczek musiałby mieć aparat tlenowy, a szybowanie trwałoby trochę krócej niż normalnie).

Rekord w najdłuższym opadaniu w BASE jumpingu należy do Deana Pottera, który skoczył ze szwajcarskiego Eigeru, a następnie leciał przez trzy minuty i dwadzieścia sekund.

Co można zrobić w trzy minuty i dwadzieścia sekund?

Moglibyśmy na przykład zaangażować Joeya Chestnuta i Takeru Kobayashiego, najlepszych na świecie zawodników w jedzeniu na czas.

Jeśli opracowalibyśmy metodę jednoczesnego obsługiwania kombinezonu i jedzenia z maksymalną prędkością, ci zawodnicy teoretycznie mogliby podczas opadania z Eigeru zjeść 45 hot dogów…

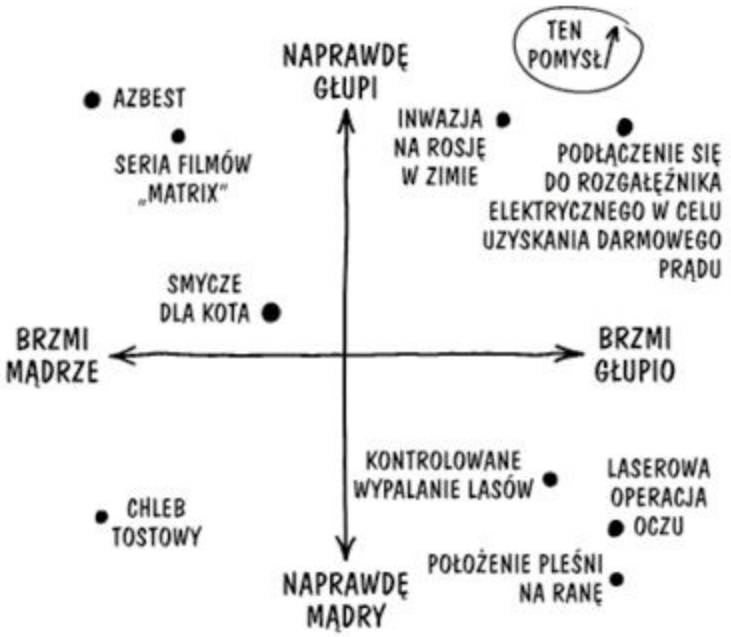


…co miałoby przynajmniej szansę zostać okrzyknięte najdziwniejszym rekordem w historii.

Dziwne (i niepokojące) pytania z What if? Skrzynka odbiorcza nr 9

Czy można przeżyć falę tsunami, zanurzając się w basenie ogrodowym?

Chris Muska



Czy w przypadku gdyby nie otworzył się nam spadochron, ale mielibyśmy przy sobie sprężynę Slinky z odpowiednio dobraną masą, naprężeniem itd., moglibyśmy się uratować dzięki wyrzuceniu jej w górę przy jednoczesnym trzymaniu się jej końca?

Varadarajan Srinivasan

Sparta

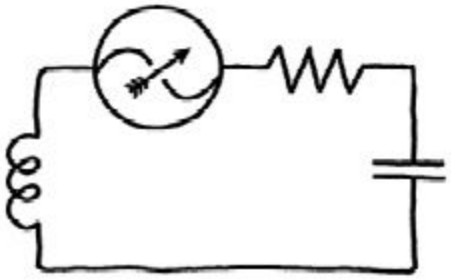
W filmie ***300*** strzały wystrzelone w niebo całkowicie zasłaniają słońce. Czy to możliwe? Ilu strzał potrzebowalibyśmy, aby tego dokonać?

ANNA NEWELL

JEST TO DOSYĆ TRUDNE do wykonania.

Próba 1.

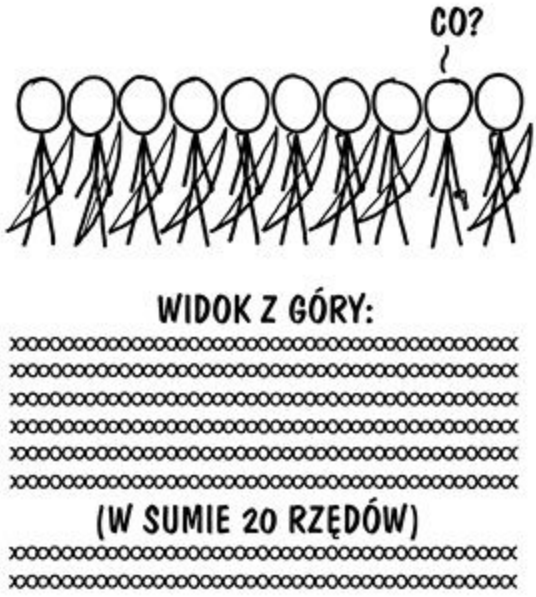
Łucznicy są w stanie wystrzelić 8–10 strzał na minutę. Z punktu widzenia fizyki taki łucznik to generator strzał, pracujący z częstotliwością 150 miliherców.



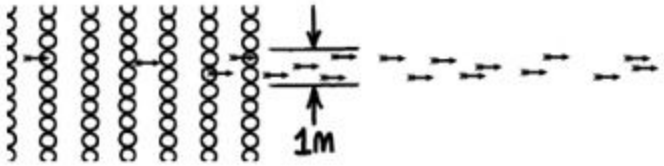
Strzała znajduje się w powietrzu tylko przez kilka sekund. Jeśli średni czas jej przebywania w powietrzu na polu bitwy wynosi trzy sekundy, to w dowolnym momencie strzały mniej więcej połowy łuczników znajdują się w powietrzu.

Każda strzała zasłania około 40 centymetrów kwadratowych światła słonecznego, a ponieważ w powietrzu jest tylko połowa strzał wszystkich łuczników, każdy z nich może zasłonić średnio 20 centymetrów kwadratowych światła słonecznego.

Jeśli łucznicy są ustawieni w rzędach, na każdy metr przypada dwóch łuczników, każdy rząd zajmuje 1,5 metra, a bateria łuczników liczy sobie 20 rzędów (w sumie 30 metrów), to z każdego metra jej szerokości…



…wyleci w powietrze jednocześnie 18 strzał.



Tyle strzał zdoła zasłonić zaledwie 0,1 procent widzianej przez nas powierzchni słońca. Musimy poprawić ten wynik.

Próba 2.

Po pierwsze, ustawmy łuczników jak najbliżej siebie. Jeśli będą stać tak gęsto jak „dziki tłum” [126], możemy potroić liczbę łuczników na jednostkę powierzchni. W takiej sytuacji strzelanie będzie niewygodne, ale łucznicy z pewnością jakoś sobie poradzą. Możemy dodatkowo zwiększyć długość kolumny łuczników do 60 metrów; będziemy wtedy mieli 130 łuczników na każdym metrze jej szerokości.

Jak szybko mogą oni strzelać?

W rozszerzonej wersji nakręconego w 2001 roku filmu *Władca Pierścieni. Drużyna Pierścienia* jest scena, w której grupa orków [127] naciera na Legolasa, on zaś zasypuje ich gradem strzał z taką częstotliwością, że uniemożliwia im to zbliżenie się do niego. Orlando Bloom, aktor grający Legolasa, nie był w stanie tak szybko wypuszczać strzał. Używał więc tylko łuku, a strzały zostały dodane za pomocą programu komputerowego. Ponieważ częstotliwość wypuszczania przez niego strzał z łuku wydawała się widzom bardzo duża, ale całkiem możliwa do osiągnięcia, uzyskaliśmy w ten sposób potrzebną do naszych obliczeń maksymalną częstotliwość strzelania.

Załóżmy, że zdołamy wyszkolić naszych łuczników tak, żeby strzelali z taką częstotliwością jak Legolas, czyli siedem strzał w osiem sekund. W takim przypadku nasza kolumna łuczników (wypuszczających

niemożliwą do osiągnięcia liczbę 339 strzał z metra szerokości) zasłoniłaby tylko 1,56 procent dochodzącego do nas światła słonecznego.

Próba 3.

Nie ograniczajmy się i rozdajmy naszym łucznikom kusze Gatlinga. Zajmujący 100 metrów kwadratowych powierzchni pola bitwy i strzelający z nich z częstotliwością 70 strzał na sekundę łucznicy sprawiliby, że powierzchnia zajmowana przez strzały na niebie zwiększyłaby się do 110 metrów kwadratowych! Idealnie. Jednak nawet jeśli strzały mają taką łączną powierzchnię przekroju, zakrywają się też wzajemnie.

Wzór na obliczenie powierzchni terenu zasłanianej przez dużą liczbę strzał częściowo wzajemnie się zakrywających wygląda tak:

$$\left(1 - \frac{\text{powierzchnia strzał}}{\text{powierzchnia terenu}}\right)^{\text{liczba strzał}}$$

Te 110 metrów kwadratowych strzał zasłoniłoby tylko dwie trzecie pola powierzchni bitwy. Ponieważ nasze oczy oceniają jasność w skali logarytmicznej, ograniczenie jasności słońca do jednej trzeciej normalnej wartości będziemy postrzegać jako delikatne przyciemnienie; z pewnością słońce nie zostanie całkowicie zasłonięte.

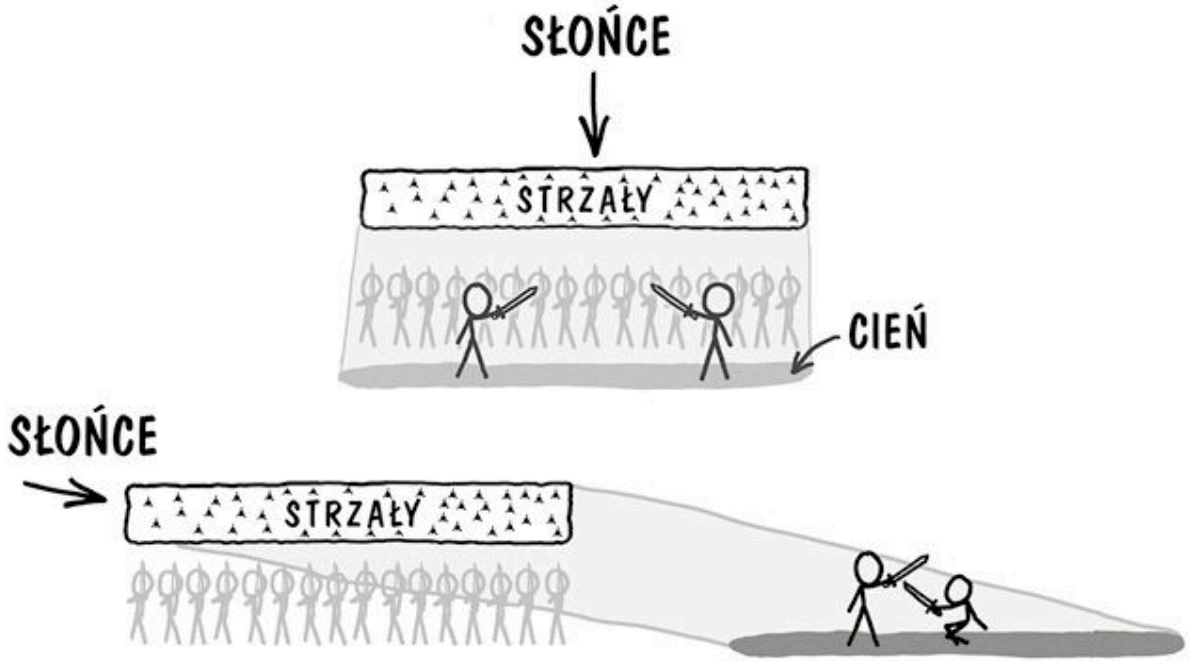
Mogłoby nam się udać tego dokonać, gdybyśmy założyli jeszcze mniej realistyczną częstotliwość strzelania. Gdybyśmy wypuszczali 300 strzał na sekundę z każdego łuku, zasłonilibyśmy 99 procent światła słonecznego docierającego do pola bitwy.

Istnieje jednak prostszy sposób.

Próba 4.

Do tej pory zakładaliśmy, że słońce znajduje się dokładnie nad nami, czyli tak, jak to jest pokazane w filmie. Być może jednak prawdziwym powodem do dumy byłoby dokonanie tego wyczynu podczas ataku o świcie?

Gdyby słońce znajdowało się nisko nad wschodnim horyzontem, a łucznicy strzelaliby w kierunku północnym, światło przechodziłoby przez kolumnę strzał, a potencjalny efekt zaciemnienia zwiększyłby się tysiąc razy.



Oczywiście strzały nie leciałyby wtedy w kierunku wroga. Jednak bądźmy sprawiedliwi, chodziło przecież tylko o zasłonięcie słońca. Nigdy nie było mowy o **trafianiu** kogokolwiek.

Kto wie, może w przypadku niektórych wrogów całkowicie by to wystarczyło.

NASZE STRZAŁY
ZASŁONIĄ SŁOŃCE!
CHOLERA.

Osuszanie oceanów. Część I

Jak długo trwałoby osuszanie oceanów, gdybyśmy w najgłębiej położonym miejscu, czyli w Głębi Challengera, stworzyli prowadzące w Kosmos okrągłe przejście o promieniu 10 metrów? Jak po osuszeniu oceanów zmieniłaby się Ziemia?

TED M

CHCIAŁBYM od razu wyjaśnić jedną rzecz: z moich przybliżonych obliczeń wynika, że gdyby zatopiony lotniskowiec utknął w takim otworze odpływowym, ciśnienie z łatwością by go zgięło i wessało do środka. Faaaajnie.

Gdzie jednak takie przejście by się kończyło? Jeśli w pobliżu Ziemi, ocean po prostu spadłby do atmosfery, podgrzewając się i zamieniając w parę wodną, która po skondensowaniu trafiłaby z powrotem na swoje miejsce w postaci deszczu. Dostarczona w ten sposób do atmosfery energia miałaby katastrofalny wpływ na klimat Ziemi, podobnie jak powstałe na dużej wysokości ogromne chmury.

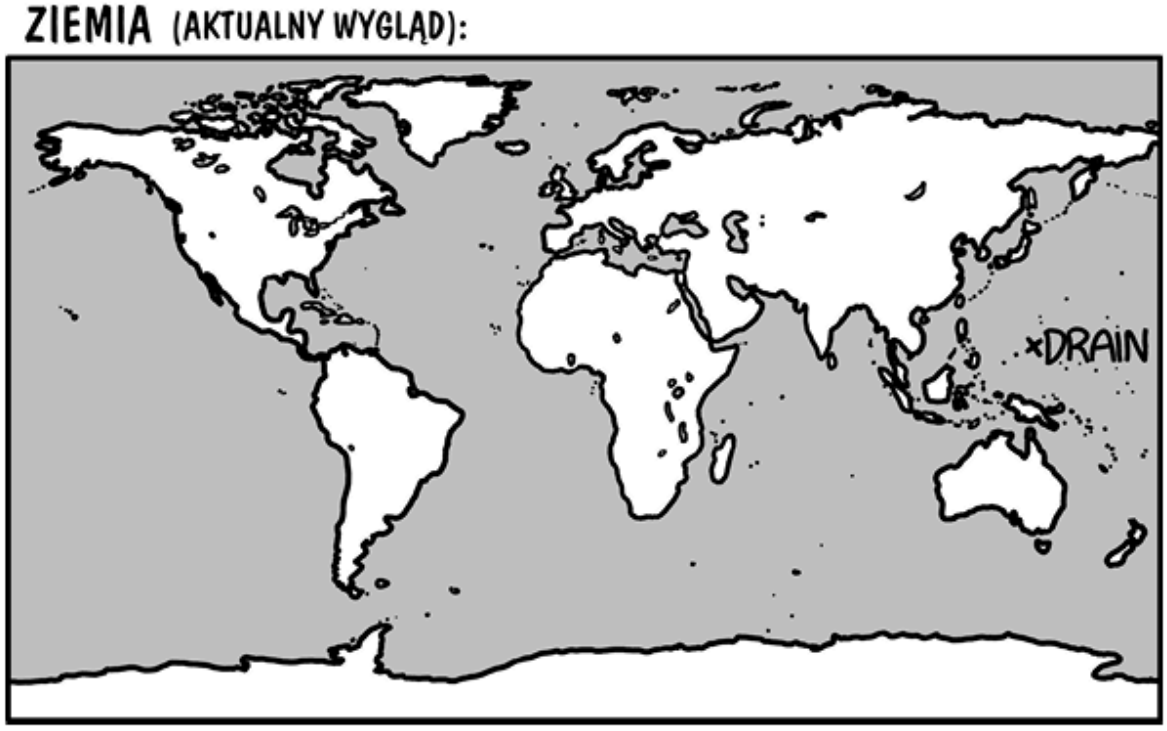
Umieśćmy więc wyjście naszego przejścia daleko – dajmy na to, na Marsie. Tak naprawdę jestem za tym, żeby znalazło się ono dokładnie nad łazikiem Curiosity; w ten sposób mielibyśmy wreszcie niezbity dowód na obecność wody na Marsie.

Co stałoby się z Ziemią? Nic wielkiego. Osuszenie oceanów zajęłoby nam i tak setki tysięcy lat. Nawet gdyby otwór miał szerokość większą niż boisko do koszykówki, a woda przechodziłaby przez niego z niewiarygodną prędkością, oceany są przecież **ogromne**. Poziom wody opadałby w nich w tempie jednego centymetra na dzień.

Na powierzchni oceanu nie byłoby nawet fajnego wiru – otwór jest zbyt mały, a ocean zbyt głęboki. Z tego samego powodu nie widzimy wiru wodnego w wannie aż do momentu, gdy jest ona przynajmniej do połowy opróżniona.

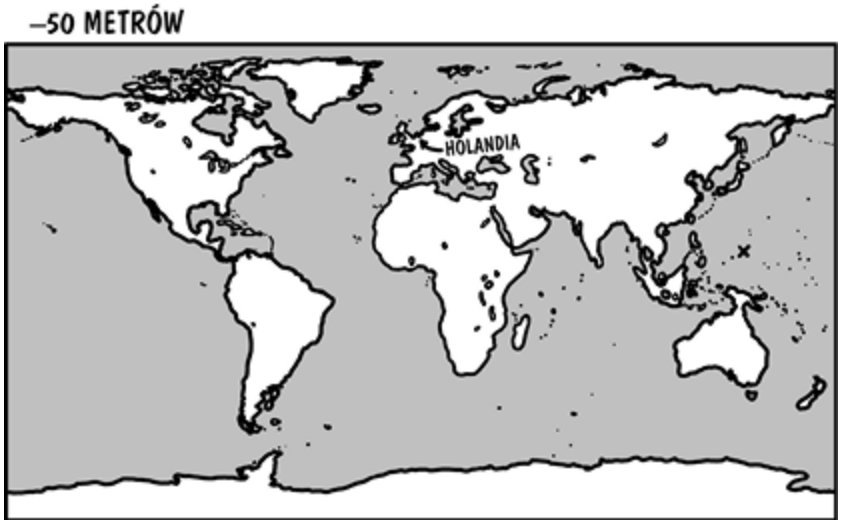
Załóżmy jednak, że przyspieszymy osuszanie za pomocą większej liczby otworów odpływowych [128], co doprowadzi do szybszego obniżania się poziomu wód w oceanach. Spójrzmy na mapę i zobaczmy, co się zmieniło.

Tak wygląda Ziemia na początku:



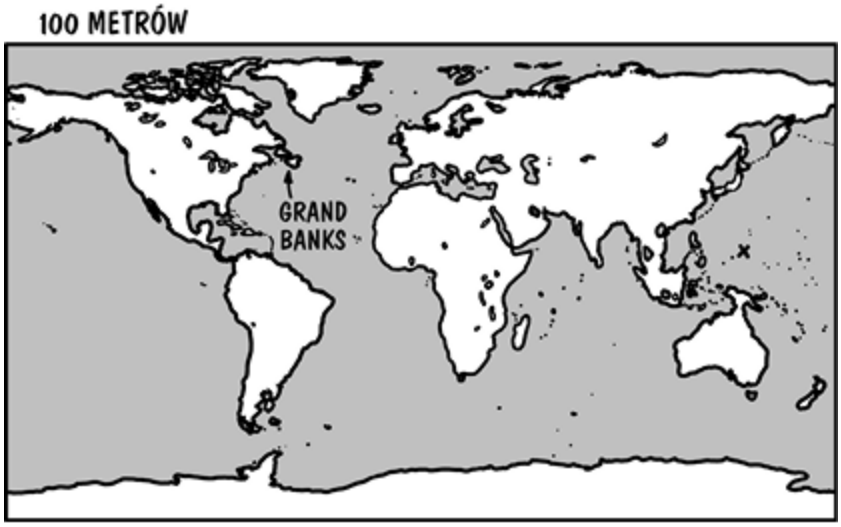
Odwzorowanie walcowe równoodległościowe (c.f. xkcd.com/977).

A oto mapa Ziemi po obniżeniu się poziomu oceanów o 50 metrów:



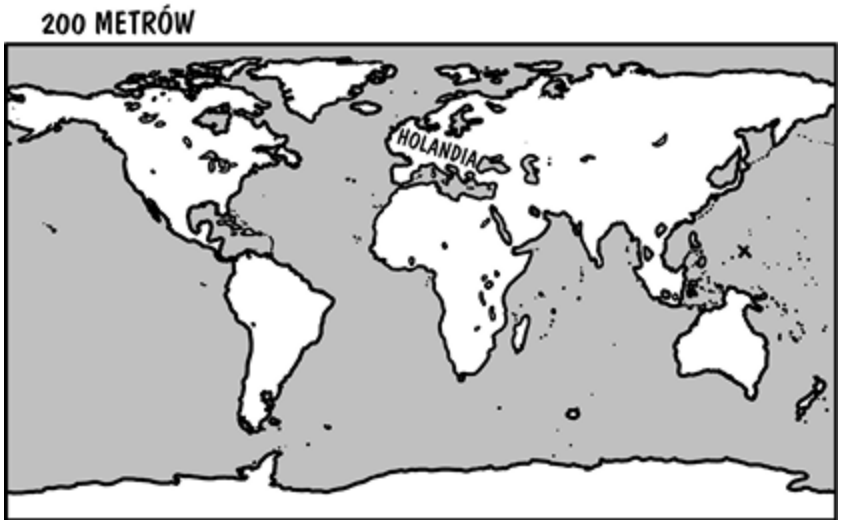
Nie różni się za bardzo od poprzedniej, widać jednak kilka niewielkich zmian. Sri Lanka, Nowa Gwinea, Wielka Brytania, Jawa i Borneo są teraz połączone z pobliskimi kontynentami.

Po trwającej 2 tysiące lat walce z morzem Holandia jest wreszcie bezpieczna, a jej mieszkańcy nie obawiają się już katastrofalnej powodzi. Mogą teraz wykorzystać energię do podboju nowych lądów, co też bezzwłocznie czynią.

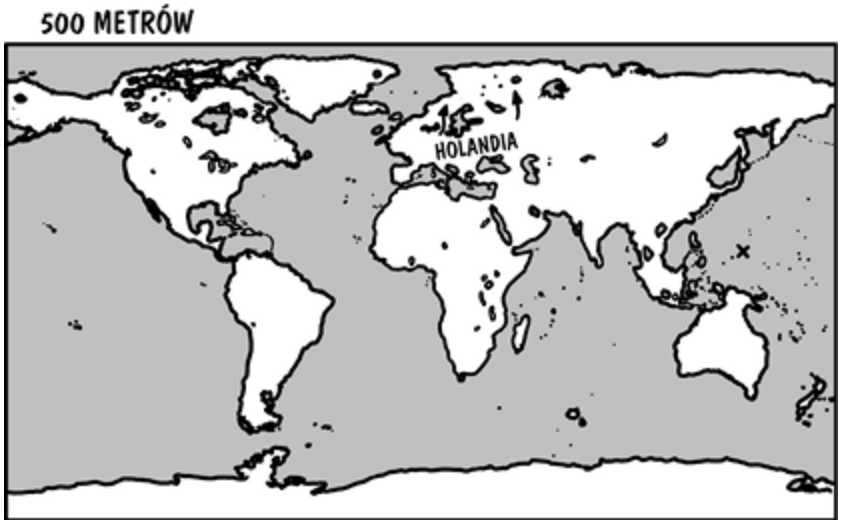


Kiedy poziom oceanów osiąga minus 100 metrów, u wybrzeży Nowej Szkocji pojawia się ogromna, nowa wyspa, będąca wcześniej ławicą Grand Banks.

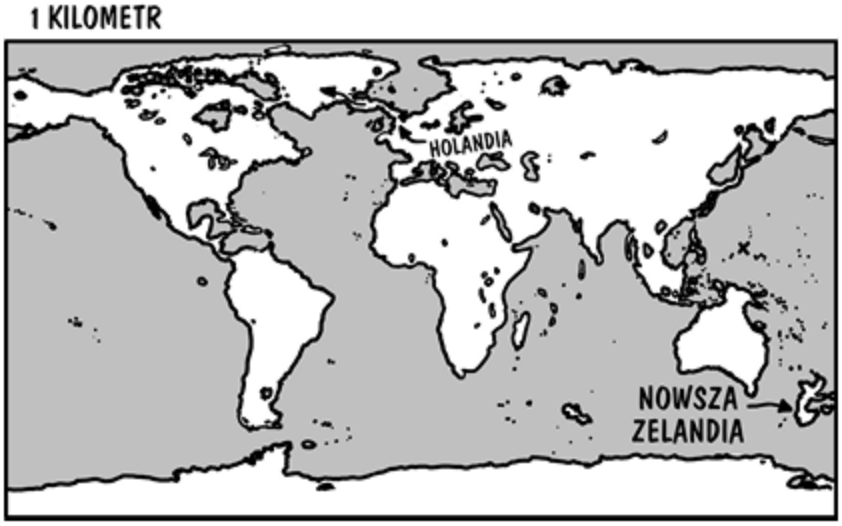
Zaczynamy zauważać dziwne zjawiska: nie wszystkie morza się kurczą. Na przykład Morze Czarne tylko nieznacznie zmniejsza swoją powierzchnię. Oczywiście dzieje się tak dlatego, że morza te utraciły połączenie z oceanem. W miarę obniżania się poziomu wody niektóre baseny morskie zostaną odcięte od naszego odpływu w Pacyfiku. W pewnych przypadkach ukształtowanie dna morskiego pozwoli odpływającej wodzie na wyżłobienie głębszego kanału i dalsze obniżanie się poziomu morza. Większość basenów morskich zostanie w końcu odcięta od oceanów i przestanie się osuszać.



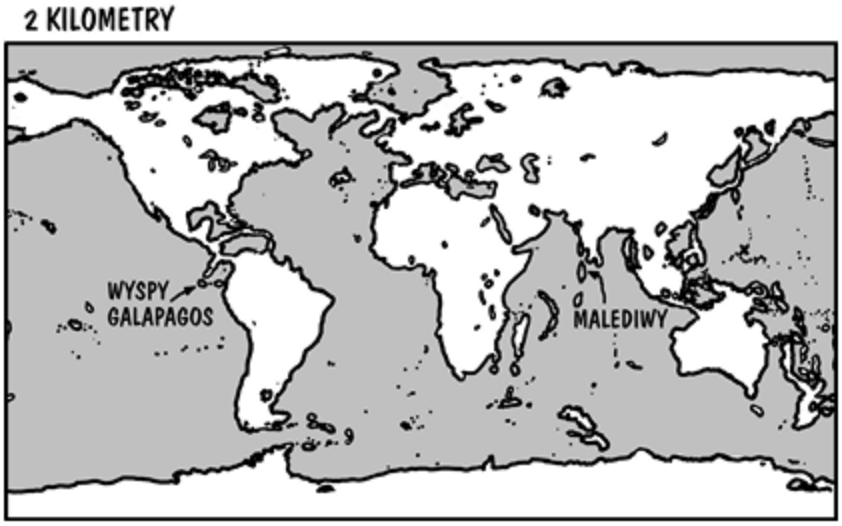
Przy minus 200 metrach mapa zaczyna wyglądać dziwnie. Pojawiają się nowe wyspy, Indonezja wygląda jak wielka klucha. Holandia zajmuje większość Europy.



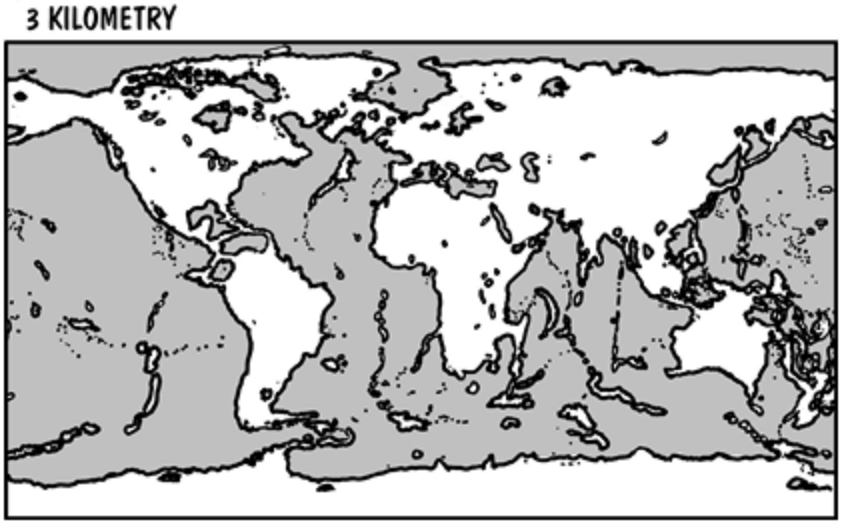
Japonia jest teraz przesmykiem łączącym Półwysep Koreański z Rosją. Nowa Zelandia zyskuje nowe wyspy. Holandia powiększa się dalej na północ.



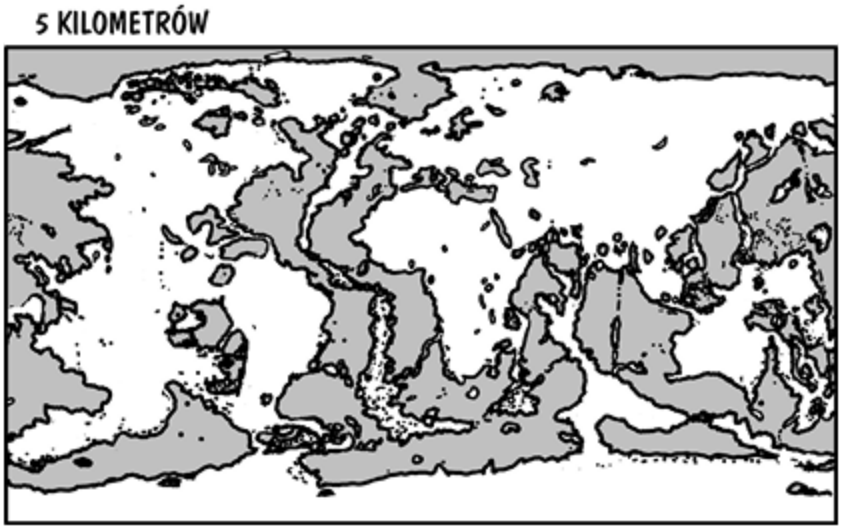
Powierzchnia Nowej Zelandii gwałtownie się zwiększa. Ocean Arktyczny zostaje odcięty i jego poziom przestaje się obniżać. Holandia jest połączona mostem lądowym z Ameryką Północną.



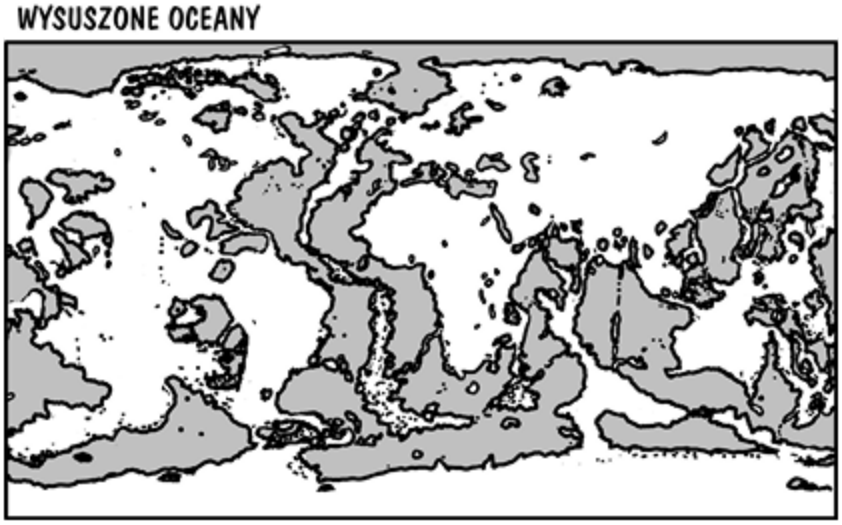
Poziom oceanów obniżył się o dwa kilometry. Wszędzie pojawiają się nowe wyspy. Morze Karaibskie i Zatoka Meksykańska nie są już połączone z Atlantykiem. Nie wiem nawet, **co** się dzieje z Nową Zelandią.



Przy minus trzech kilometrach wiele szczytów grzbietu śródoceanicznego – najdłuższego łańcucha górskiego na Ziemi – znajduje się już na powierzchni. Ukazują się rozległe, nierówne połacie nowych lądów.



Do tego momentu większość głównych mórz została odizolowana, a ich powierzchnia przestała się zmniejszać. Trudno określić, jakie byłyby dokładne położenie i rozmiar tych mórz; to, jak wyglądałaby Ziemia, możemy sobie wyobrazić jedynie w dużym przybliżeniu.



Tak wyglądałaby nasza mapa po zakończeniu osuszania oceanów. Na Ziemi pozostałoby zaskakująco dużo wody, chociaż jej większość wypełniałaby bardzo płytkie morza; rowów głębokich na cztery lub pięć kilometrów byłoby tylko kilka.

Osuszenie połowy oceanów doprowadziłoby do trudnych do przewidzenia, ogromnych zmian w klimacie i ekosystemach. Prawie na pewno skończyłoby się to co najmniej załamaniem biosfery i masowym wymieraniem różnych gatunków fauny i flory.

Istnieje możliwość – choć jest ona mało prawdopodobna – że ludzkość zdołałaby przetrwać. Musielibyśmy wtedy radzić sobie na Ziemi, która wyglądałaby tak jak poniżej:

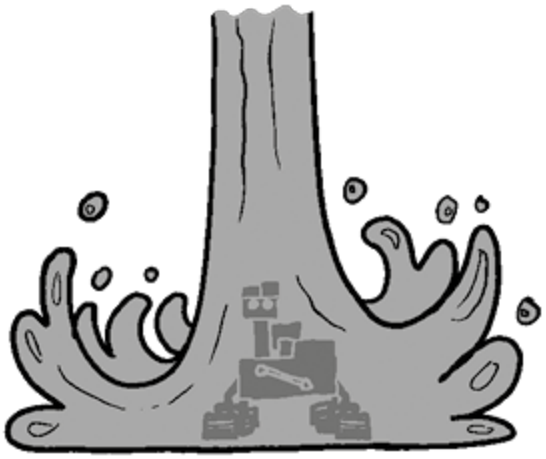
HOLANDIA
HOLANDIA
HOLANDIA
HOLANDIA
POŁUDNIOWA HOLANDIA

Osuszanie oceanów. Część II

Przy założeniu, że udało nam się osuszyć oceany, a całą wodę wylewaliśmy na łazik Curiosity, jak w miarę zwiększania się ilości wody zmieniałby się Mars?

IAIN

W POPRZEDNIM ROZDZIALE zrobiliśmy na dnie Rowu Mariańskiego otwór odpływowy i doprowadziliśmy do wysuszenia oceanów. Nie obchodziło nas, **dokąd** odpływa woda z oceanów. Wybrałem Marsa, ponieważ łazik pracuje tam bardzo ciężko, aby znaleźć wodę, i chciałem ułatwić mu zadanie.

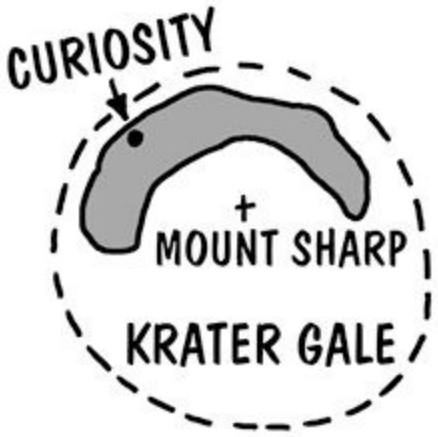


Curiosity znajduje się w kraterze Gale, marsjańskiej depresji o okrągłym kształcie, pośrodku której znajduje się szczyt Mount Sharp.

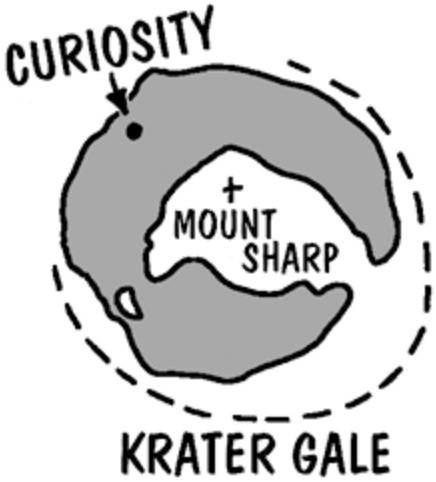
Na Marsie jest dużo wody, ale niestety tylko w formie lodu. Woda w stanie ciekłym nie utrzymuje się tam długo z powodu niskiej temperatury i zbyt małej ilości powietrza. Jeśli postawimy na Marsie filiżankę ciepłej wody, zacznie się ona gotować, zamarzać i sublimować, a wszystko praktycznie w tym samym czasie. Wygląda na to, że woda na Marsie lubi **każdy** stan z wyjątkiem ciekłego.

My jednak będziemy zrzucać tam bardzo szybko ogromne ilości wody (o temperaturze kilku stopni powyżej zera), nie będzie więc ona miała dużo czasu, aby zamarznąć, zagotować się czy sublimować. Jeśli ujście naszego odpływu będzie wystarczająco duże, woda zacznie zamieniać krater Gale w jezioro tak, jak działoby się to na Ziemi. Aby zobaczyć, jak zmienia się Mars w miarę napływu wody, skorzystajmy z doskonałej mapy topograficznej tej planety, wykonanej przez amerykańską agencję naukowo-badawczą USGS.

Oto jak wygląda krater Gale na początku naszego eksperymentu:

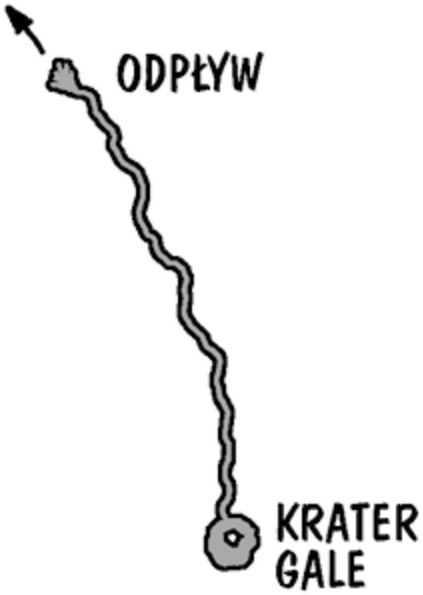


W miarę napływu wody jezioro wypełnia się, pokrywając Curiosity kilkusetmetrową warstwą wody:

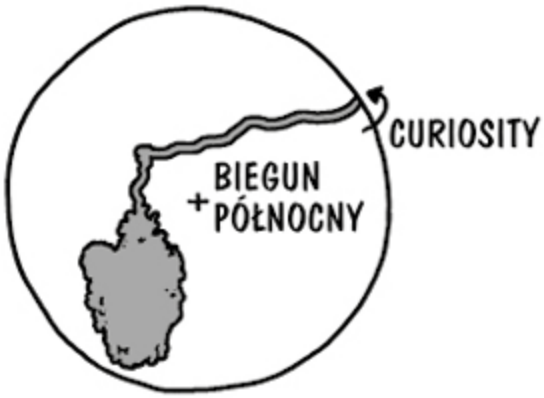


W końcu Mount Sharp staje się wyspą. Zanim jednak zupełnie zniknie pod wodą, zacznie się ona przelewać przez północną krawędź krateru i płynąć po piasku.

Istnieją dowody na to, że w wyniku okresowych fal upałów lód znajdujący się na Marsie od czasu do czasu topnieje i zamienia się w ciecz. Strużka powstałej wówczas wody nie płynie daleko i szybko wysycha. My jednak mamy do dyspozycji cały ocean.



A oto zbiorniki wodne powstałe w północnym, polarnym basenie Marsa:



Stopniowo napełni się on wodą.

Gdy jednak spojrzymy na mapę rejonów równikowych Marsa, tam, gdzie są wulkany, okaże się, że jeszcze sporo obszarów jest oddalonych od wody.

[Odwzorowanie Merkatora; nie pokazuje biegunów].

Szczerze mówiąc, ta mapa jest raczej nudna; niewiele się na niej dzieje. To po prostu wielka pusta połać lądu z kawałkiem oceanu u góry.

Drugi raz bym jej nie kupił.

Do całkowitego wyczerpania się zapasów naszej wody jest jeszcze daleko, chociaż widoczny na mapie Ziemi błękitny kolor oznacza tylko płytkie morza; większość wody z oceanów już zniknęła.

Mars jest mniejszy od Ziemi, więc ta sama ilość wody utworzy tam głębszy ocean. Na tym etapie woda wypełnia system kanionów Valles Marineris i tworzy niezwykłe linie brzegowe. Ta mapa jest już trochę ciekawsza, ale obszary wokół kanionów mają dziwne kształty:

Woda dociera do łazików Spirit oraz Opportunity i je zalewa. W końcu dostaje się do krateru uderzeniowego Hellas, w którym znajduje się najniższy punkt na Marsie.

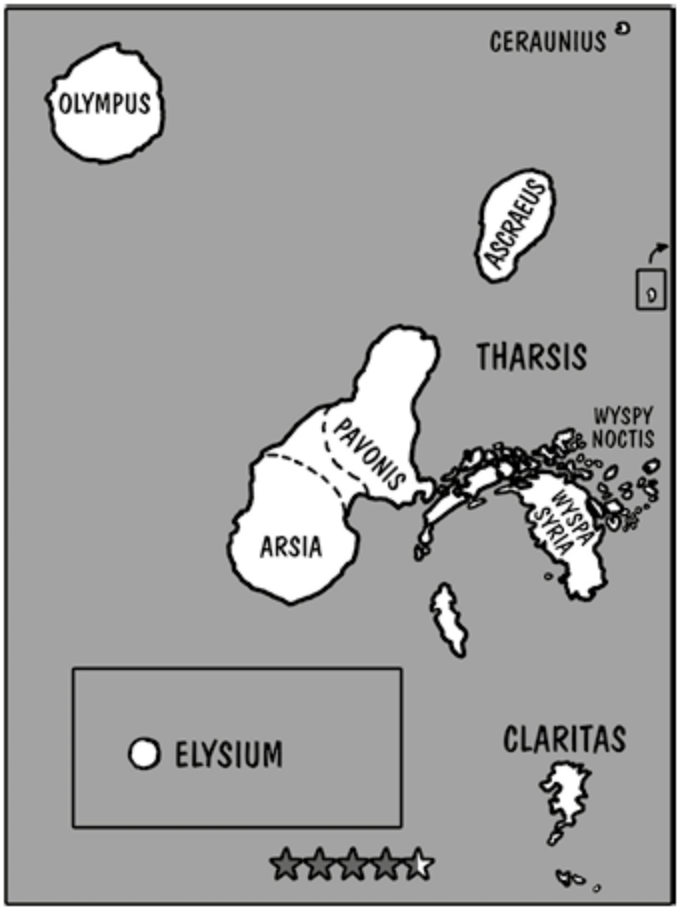
Uważam, że reszta mapy zaczyna wyglądać całkiem dobrze:

W miarę jak zgodnie z planem woda pokrywa znaczną powierzchnię Marsa, na mapie pozostaje tylko kilka wielkich wysp (oraz niezliczona ilość małych):

Woda szybko zalewa większość wysokich płaskowyżów i pozostawia tylko kilka wysp:

W końcu dopływ wody się kończy; oceany na Ziemi są całkowicie wysuszone.

Przyjrzyjmy się bliżej głównym wyspom Marsa:



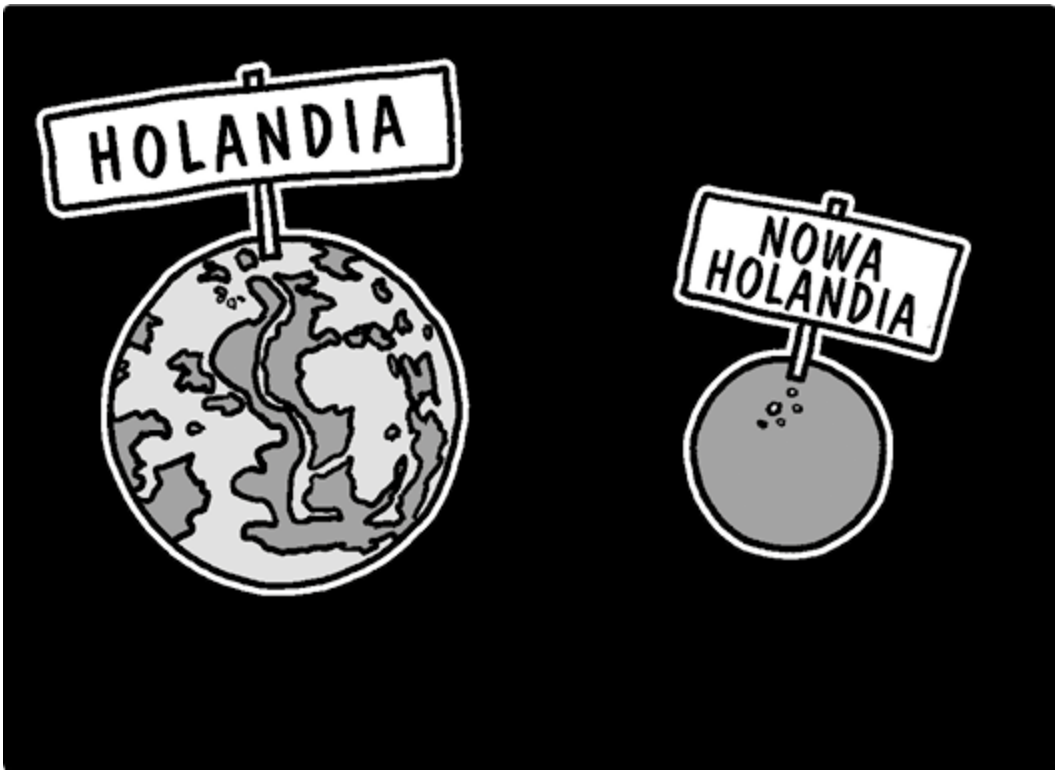
Żadnych łazików nie ma nad powierzchnią wody.

Olympus Mons i kilka innych wulkanów pozostanie ponad powierzchnią wody. O dziwo, do ich zakrycia **sporo** jeszcze brakuje. Olympus Mons wciąż wznosi się dobrze ponad 10 kilometrów nad nowym poziomem wody. Na Marsie jest trochę **ogromnych** gór.

Te dziwaczne wyspy są rezultatem wypełnienia wodą Noctis Labyrinthus, niezwykłego systemu kanionów, którego pochodzenie pozostaje tajemnicą.

Oceany na Marsie nie utrzymałyby się długo. Mógłby wystąpić krótkotrwały efekt cieplarniany, ale ostatecznie jest tam po prostu za zimno. W końcu oceany by zamarzły, pokryły się pyłem, a na biegunach stopniowo zamieniły w wieczną zmarzlinę. Trwałoby to jednak bardzo długo i przez ten czas Mars byłby o wiele bardziej interesującym miejscem.

Jeśli wykorzystamy gotowy system transportu wody między planetami, to konsekwencje jego użycia będą nieuniknione.



Twitter

Ile unikatowych tweetów można stworzyć w języku angielskim? Jak długo trwałoby przeczytanie ich wszystkich na głos przez całą ludzkość?

ERIC H, HOPATCONG, NEW JERSEY

Daleko na północy, w krainie zwanej Svithjod wznosi się skała. Ma sto mil wysokości i sto mil szerokości. Raz na tysiąc lat przylatuje tu mały ptaszek i dziobie ją. Kiedy skała zostanie skruszona, przeminie jeden dzień wieczności.

Hendrik Willem Van Loon [129]

TWEET MOŻE MIEĆ 140 ZNAKÓW. A w języku angielskim jest 26 liter – lub 27 razem ze spacją. Jeśli będziemy pisać tweety w tym alfabecie, możemy otrzymać $27^{140} \approx 10^{200}$ unikatowych łańcuchów znaków.

Twitter nie ogranicza się jednak tylko do alfabetu; gdy zamieszczamy tam wpisy, możemy używać wszystkich znaków z zestawu Unicode, których jest ponad milion. W ten sposób liczba możliwych łańcuchów znaków zwiększa się do 10^{800}.

Oczywiście większość z nich byłaby nic nieznaczącą, bezładną mieszaniną znaków pochodzących z wielu języków. Nawet jeśli użyjemy tylko 26 liter z angielskiego alfabetu, otrzymamy mnóstwo bezsensownych zlepków liter, takich jak „ptikobj”. Pytanie Erica dotyczyło tweetów, które mają w języku angielskim jakieś znaczenie. Ile mogłoby ich być?

To trudne pytanie. W pierwszym odruchu moglibyśmy dopuścić stosowanie tylko angielskich słów; później ograniczylibyśmy się do zdań poprawnych gramatycznie. Jest to jednak bardziej skomplikowane. Na przykład zdanie „Hi, I’m Mxyztplk” (Cześć, nazywam się Mxyztplk) jest gramatycznie poprawne, jeśli ktoś nazywa się Mxyztplk. Weźmy pod uwagę, że zdanie to jest gramatycznie poprawne, nawet jeśli nie mówimy prawdy. Najwyraźniej nie ma więc sensu liczyć każdego łańcucha znaków zaczynającego się od „Hi, I’m…” jako oddzielnego zdania. Dla osoby mówiącej po angielsku „Hi, I’m Mxyztplk” jest właściwie nie do odróżnienia od „Hi, I’m Mxzkqklt”, nie powinniśmy więc liczyć ich jako dwóch oddzielnych zdań. Ale już „Hi, I’m xPoKeFaNx” zdecydowanie różni się od dwóch poprzednich zdań, mimo że „xPoKeFaNx” w żadnym razie nie jest angielskim słowem. Wygląda więc na to, że nasza metoda określania odrębności zdań nie zdaje egzaminu. Na szczęście istnieje lepszy sposób.

Wyobraźmy sobie język, w którym są tylko dwa prawidłowe zdania i każdy tweet mógłby być tylko jednym z nich. Oto one:

- „There’s a horse in aisle five” (W piątej alejce jest koń).
- „My house is full of traps” (Mój dom jest pełen pułapek).

A oto jak wyglądałoby to na Twitterze:

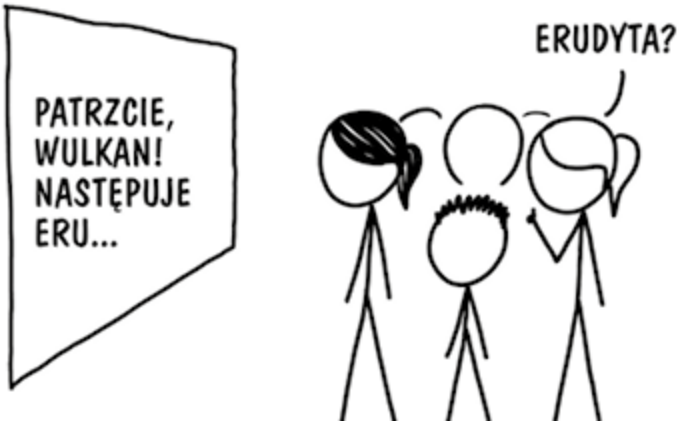
MY HOUSE IS FULL OF TRAPS.
MY HOUSE IS FULL OF TRAPS.
THERE'S A HORSE IN AISLE FIVE.
MY HOUSE IS FULL OF TRAPS.
THERE'S A HORSE IN AISLE FIVE.
THERE'S A HORSE IN AISLE FIVE.
THERE'S A HORSE IN AISLE FIVE.
MY HOUSE IS FULL OF TRAPS.

Te wiadomości są stosunkowo długie, ale nie zawierają w sobie wiele treści – informują jedynie o tym, czy ich autor zdecydował się na wysłanie informacji o pułapkach, czy o koniu. Faktycznie mamy więc do czynienia z sytuacją zero-jedynkową. Chociaż mamy do dyspozycji wiele liter, dla czytelnika znającego dany model języka każdy tweet zawiera zaledwie jeden **bit** informacji na każde zdanie.

Ten przykład stanowi doskonały dowód na to, że informacja jest nierozerwalnie związana z niepewnością odbiorcy co do jej zawartości i jego zdolnością do przewidywania z wyprzedzeniem. To bardzo głęboka myśl [130].

Claude Shannon – który prawie całkiem samodzielnie stworzył nowoczesną teorię informacji – miał sprytny sposób na mierzenie zasobu informacyjnego języka. Pokazywał grupom ludzi zapisane próbki zwykłych

zdań w języku angielskim, ucięte w przypadkowych miejscach, a następnie pytał, jaka ich zdaniem powinna być następna litera.



To grozi zalaniem naszego miasta powodzią informacji!

Opierając się na współczynniku poprawnych odpowiedzi oraz rygorystycznej analizie matematycznej, Shannon określił informacyjny zasób typowego angielskiego języka pisanego na 1 do 1,2 bita na literę. Oznacza to, że stosując dobry algorytm kompresujący, moglibyśmy upakować angielski tekst w formacie ASCII – czyli osiem bitów na literę – do jednej ósmej jego oryginalnego rozmiaru. W istocie można w ten sposób, z pomocą dobrego programu do kompresji plików, zmniejszyć rozmiar ebooka w formacie TXT.

Jeśli jakiś tekst zawiera n bitów informacji, w pewnym sensie oznacza to, że może on przekazać 2^n różnych wiadomości. Jest w tym trochę matematycznej żonglerki (dotyczącej między innymi długości wiadomości i czegoś, co się nazywa „długością krytyczną”), ale w rezultacie okazuje się, że w języku angielskim możemy stworzyć około $2^{140 \times 1,1} \approx 2 \times 10^{46}$, a nie 10^{200} czy 10^{800} tweetów znacząco różniących się od siebie.

A ile czasu zajęłoby całej ludzkości ich przeczytanie?

Przeczytanie 2×10^{46} tweetów zajęłoby jednej osobie prawie 10^{47} sekund. Jest to tak szokująco duża liczba, że właściwie nie ma znaczenia, czy czytałaby jedna osoba, czy miliard osób – nie byłyby one w stanie znacząco skrócić tej listy tweetów przez cały okres istnienia Ziemi.

Zamiast więc dalej to rozważać, pomyślmy o ptaku, który ostrzy sobie dziób o wierzchołek góry. Załóżmy, że przylatuje raz na tysiąc lat, zeskrobuje przy tej okazji niewielki fragment skały i zabiera ze sobą kilkadziesiąt cząsteczek pyłu. (Zwykły ptak **zostawiłby** prawdopodobnie więcej fragmentów dzioba na wierzchołku góry, niż zeskrobał z niego cząsteczek skały, ale w naszym scenariuszu praktycznie nic nie jest normalne, więc możemy się tym nie przejmować).

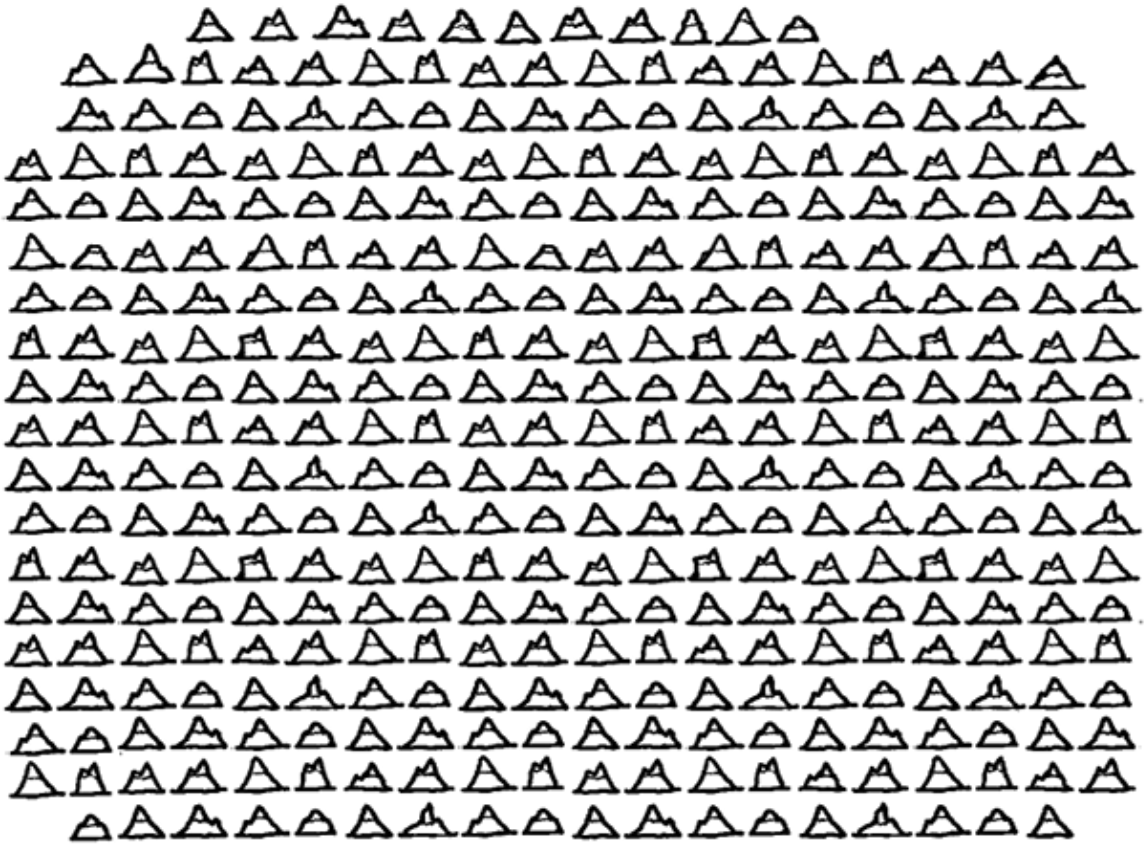
Dajmy na to, że czytamy tweety na głos codziennie przez 16 godzin. A za naszymi plecami raz na tysiąc lat pojawia się ptak i zdrapuje dziobem z wierzchołka wysokiej na sto mil góry kilka niewidocznych cząsteczek pyłu.

Kiedy góra zostanie starta z powierzchni ziemi, minie pierwszy dzień wieczności.

Góra ponownie się pojawia, rozpoczyna się nowy cykl i kolejny taki dzień: 365 dni wieczności – trwających po 10^{32} lat każdy – to jeden rok wieczności.

Sto lat wieczności, w czasie których ptak zetrze z powierzchni ziemi 36 500 gór, to jeden wiek wieczności. Jednak taki wiek nie wystarczy. Nie wystarczy nawet tysiąclecie.

Przeczytanie wszystkich tych tweetów zajmie nam **10 tysięcy** lat wieczności.



To wystarczająco dużo czasu, żeby prześledzić całą historię ludzkości, od wynalezienia pisma do czasów obecnych, w której każdy dzień trwałby dopóty, dopóki ptak ścierałby górę z powierzchni ziemi.

Wydaje się, że 140 znaków to niewiele, ale ludziom **nigdy** nie zabraknie tematów do rozmowy.

Most z klocków Lego

Ile klocków Lego potrzebowalibyśmy na zbudowanie mostu drogowego z Londynu do Nowego Jorku? Ile klocków Lego dotychczas wyprodukowano?

JERRY PETERSEN

ZACZNIJMY OD mniej ambitnego zadania.

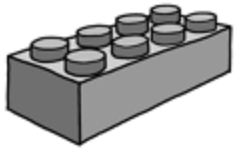
Utworzenie połączenia

Z pewnością wyprodukowano dotąd wystarczająco dużo klocków Lego [131] , aby *połączyć* Nowy Jork z Londynem. W jednostkach LEGO [132] miasta te oddalone są o 700 milionów wypustek. Oznacza to, że jeśli cegiełki ułożymy w taki sposób…

…to do połączenia tych miast będziemy ich potrzebować 350 milionów.

Taki most albo nie utrzymałby się w powietrzu, albo wytrzymałby ciężar tylko jednego ludzika *LEGO*® [133], ale to już coś.

Przez lata wyprodukowano ponad 400 miliardów klocków Lego [134]. Ile z nich nadawałoby się jednak do zbudowania mostu, a ile to tylko małe osłony oczu do kasku, które zapodziały się gdzieś na dywanie?

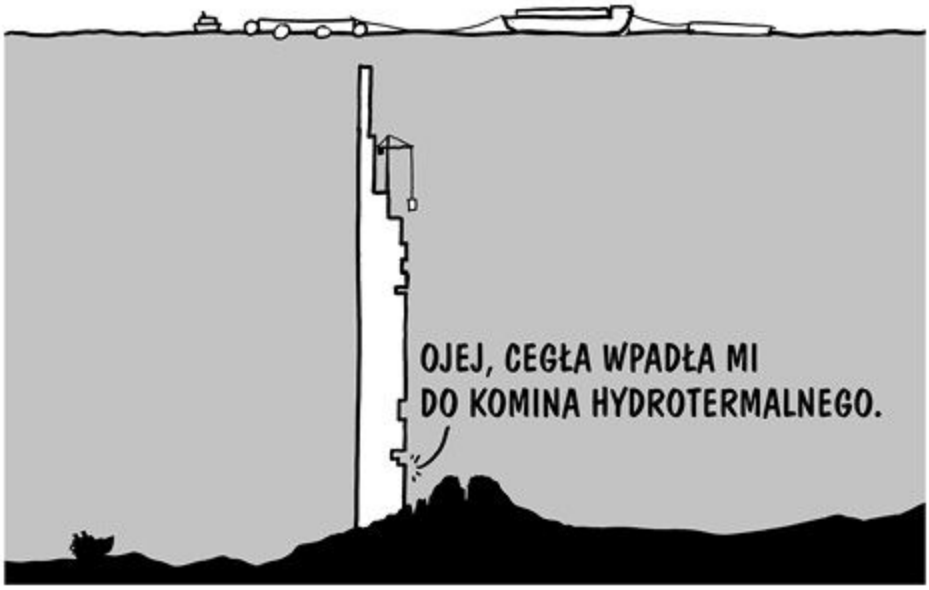


Załóżmy, że budujemy nasz most z najbardziej popularnego elementu LeGo [135] – klocka 2 × 4. Korzystając z archiwum Dana Bogera, specjalisty od zestawów klocków Lego [136] i autora strony internetowej im poświęconej (Peeron.com), wykonałem następujące wstępne oszacowanie: jeden na 50 do 100 elementów jest prostokątnym klockiem 2 × 4. Z tego wynika, że istnieje około 5 do 10 miliardów klocków 2 × 4, czyli więcej niż potrzeba do zbudowania mostu o szerokości jednego elementu.

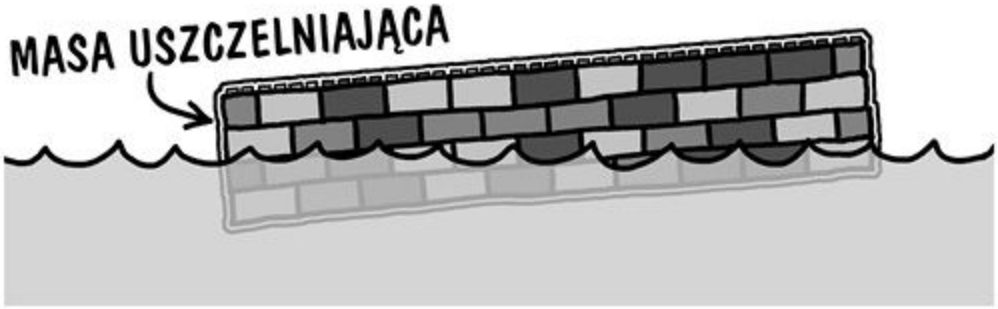
Przejazd dla samochodów

Oczywiście jeśli chcielibyśmy, aby taki most obsługiwał normalny ruch uliczny, musiałby on być trochę szerszy.

Prawdopodobnie zależałoby nam na tym, żeby most unosił się na wodzie. Ocean Atlantycki jest głęboki[potrzebne źródło], więc w miarę możliwości warto byłoby uniknąć budowania wysokich na pięć kilometrów pylonów z klocków Lego.



Połączone ze sobą klocki Lego nie tworzą wodoszczelnego zamknięcia [137], a plastik, z jakiego są wykonane, ma gęstość większą niż woda. Możemy sobie z tym poradzić przez pokrycie jego zewnętrznej powierzchni warstwą masy uszczelniającej. W rezultacie cały blok klocków będzie miał gęstość mniejszą niż woda.



Na każdy metr sześcienny wody wypartej przez most przypada udźwig o wartości 400 kilogramów. Zwykły samochód osobowy waży trochę mniej niż 2 tysiące kilogramów, a więc na utrzymanie jednego samochodu nasz most potrzebowałby 10 metrów sześciennych klocków Lego.

Gdybyśmy zbudowali most o grubości jednego metra i szerokości pięciu metrów, powinien on bez żadnych problemów – częściowo zanurzony – unosić się na wodzie i być wystarczająco solidny, aby można było po nim

przejechać. Legosy [138] są całkiem mocne; jak podała BBC, możliwe jest ułożenie 250 tysięcy klocków 2 × 2 jeden na drugim, zanim ten na samym spodzie się złamie [139].

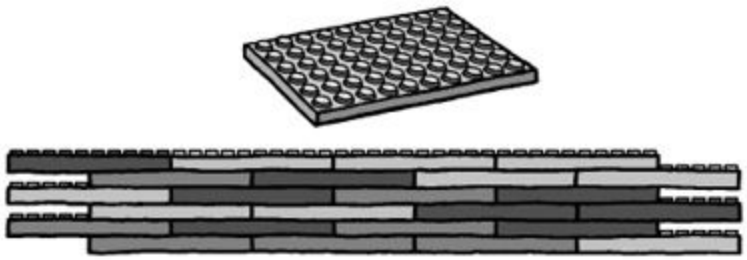
Pierwszym problemem, jaki napotkamy przy realizacji tego pomysłu, jest to, że na świecie nie ma wystarczającej liczby klocków Lego, żeby taki most zbudować. Drugim jest ocean.

Ekstremalne siły

Północny Atlantyk jest bardzo burzliwy. Choć nasz most uniknąłby najszybciej poruszających się prądów Golfsztromu, nadal byłby narażony na potężne wiatry i fale.

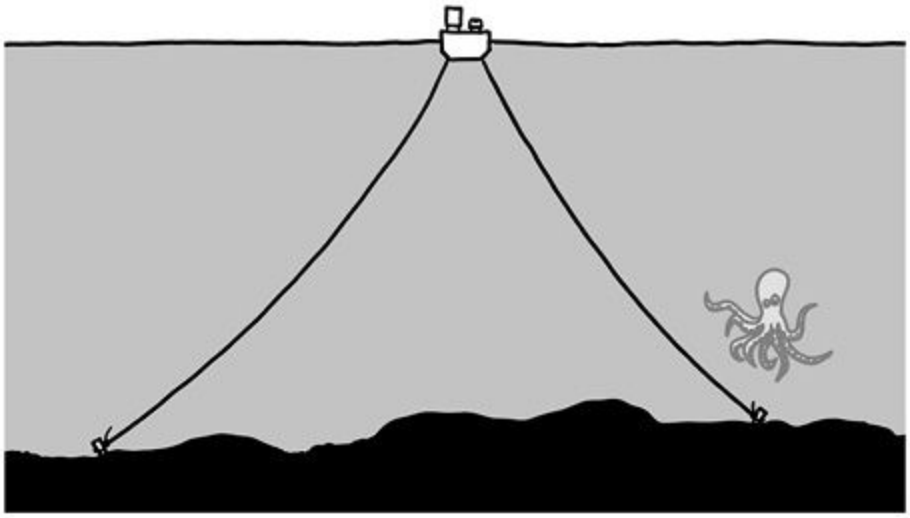
Jak wytrzymały most udałoby nam się zbudować?

Dzięki Tristanowi Lostrohowi, naukowcowi z Uniwersytetu Południowego Queensland, posiadamy już pewne dane dotyczące wytrzymałości na rozciąganie niektórych połączeń klocków Lego. Podobnie jak z informacji BBC, wynika z nich, że te klocki są zaskakująco wytrzymałe. Najlepszym pomysłem byłoby zastosowanie długich, cienkich płytek zachodzących jedna na drugą.



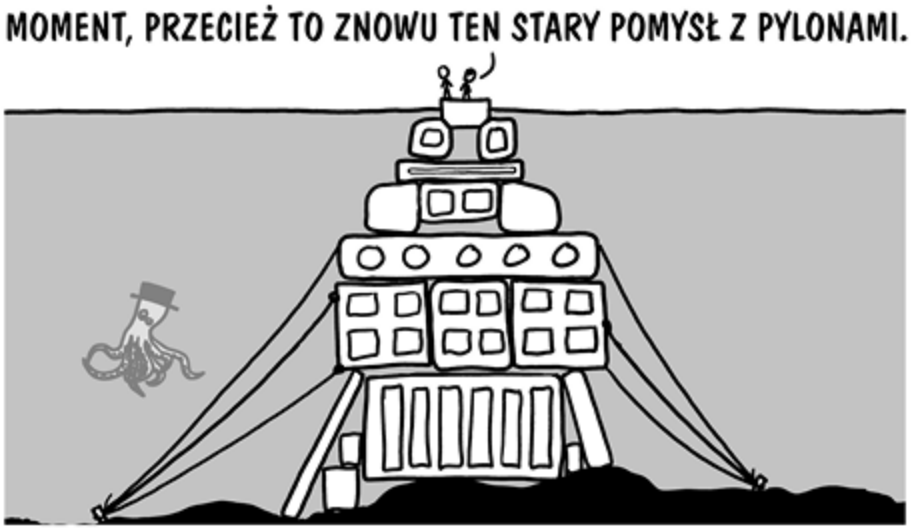
Taka konstrukcja byłaby dość mocna – jej wytrzymałość na rozciąganie można by porównać do betonu – ale nie wystarczająco mocna. Wiatr, fale i prądy morskie napierałyby na środkową część mostu, powodując ogromne naprężenia.

W normalnych warunkach w takiej sytuacji przymocowuje się most do podłoża, aby nie przemieszczał się zbyt daleko w żadną ze stron. Gdybyśmy oprócz klocków Lego pozwolili sobie na użycie kabli [140], moglibyśmy przyczepić to ogromne ustrojstwo do dna morza [141].



Jednak to nie koniec naszych problemów. Pięciometrowy most nad spokojną sadzawką byłby w stanie utrzymać samochód, ale nasza konstrukcja ma być rozpięta nad powierzchnią wzburzonej wody. Typowe fale na otwartym oceanie mogą mieć kilka metrów wysokości, a więc poziom naszego mostu powinien się znajdować przynajmniej cztery metry nad wodą.

Aby nasza konstrukcja lepiej unosiła się na wodzie, możemy dodać do niej worki powietrzne i puste przestrzenie, wiąże się to jednak ze zwiększeniem jej szerokości – w przeciwnym wypadku most by się wywrócił. Oznacza to, że musielibyśmy dodać jeszcze więcej kotew z pływakami, które zapobiegałyby ich zatonięciu. Pływaki stawiają opór, co prowadzi do większego obciążenia kabli i ściągania całego naszego obiektu w dół, co z kolei wymagałoby zastosowania większej liczby pływaków…



Dno morza

Gdybyśmy chcieli zbudować naszą przeprawę na dnie morza, również napotkalibyśmy pewne problemy. Worki powietrzne nie wytrzymałyby panującego tam ciśnienia, więc nasza struktura musiałaby sama poradzić sobie ze swoim ciężarem. Cała konstrukcja musiałaby być szersza, aby wytrzymać ciśnienie prądów oceanicznych. W końcu i tak wyszłaby nam grobla.

Efektem ubocznym naszej budowy byłoby zatrzymanie cyrkulacji północnego Atlantyku.

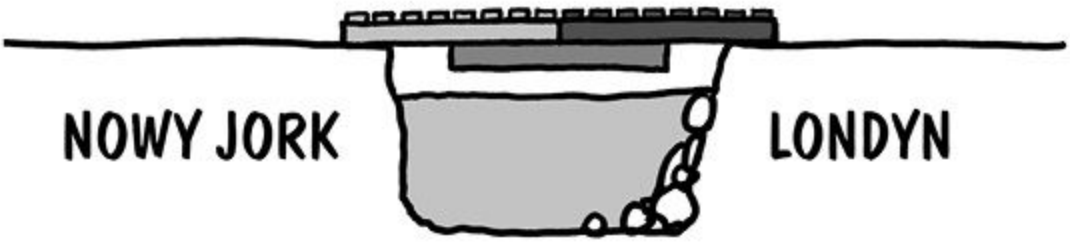
Zdaniem klimatologów byłaby to „prawdopodobnie zła wiadomość” [142].

Co więcej, takie połączenie przecinałoby Grzbiet Śródatlantycki. Dno Atlantyku rozchodzi się na zewnątrz od tego biegnącego przez jego środek „szwu” w tempie jednej wypustki na 112 dni, jeśli liczyć w jednostkach Lego. Musielibyśmy więc zbudować dylatacje lub dokładać co pewien czas po kilka klocków do środkowej części naszej konstrukcji.

Koszt

Klocki Lego wykonane są z plastiku ABS, którego cena za kilogram w momencie pisania tego tekstu wynosi około dolara. Nawet najprostszy projekt mostu z kilometrowej długości stalowymi linami [143] kosztowałby ponad 5 bilionów dolarów.

Weźmy pod uwagę, że całkowita wartość londyńskiego rynku nieruchomości wynosi 2,1 biliona dolarów, a opłata za wysłanie transatlantyckiej przesyłki to około 30 dolarów za tonę. Wobec tego za kwotę mniejszą niż potrzebna do wybudowania naszej przeprawy moglibyśmy kupić wszystkie nieruchomości w Londynie i wysłać je, kawałek po kawałku, do Nowego Jorku, a następnie postawić je na nowej wyspie w Zatoce Nowojorskiej i połączyć oba miasta dużo prostszym mostem z klocków Lego.



Mogłoby nam nawet zostać wystarczająco dużo klocków, żeby ułożyć ten uroczy zestaw Millennium Falcon.

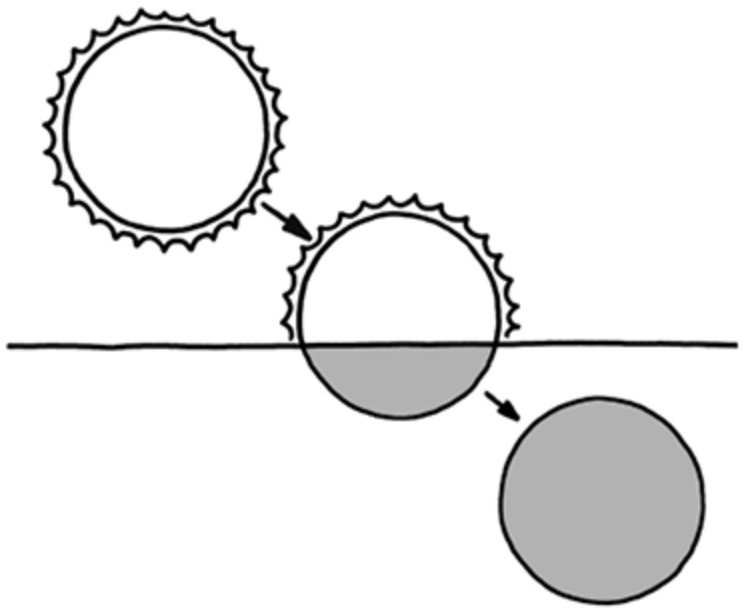
Najdłuższy zachód słońca

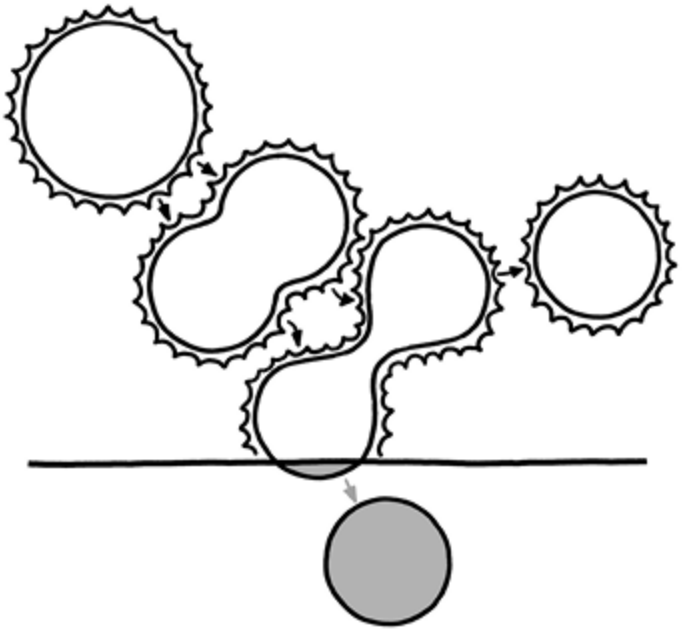
Jak długo moglibyśmy obserwować zachód słońca, prowadząc samochód, przy założeniu, że będziemy przestrzegać ograniczeń prędkości i jechać po utwardzonych drogach?

MICHAEL BERG

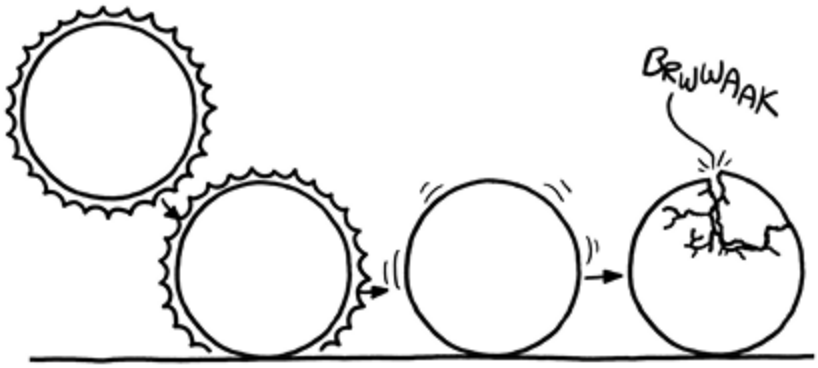
ABY ODPOWIEDZIEĆ NA TO PYTANIE, musimy ustalić, co mamy na myśli, gdy mówimy „zachód słońca”.

Zachód słońca wygląda tak:





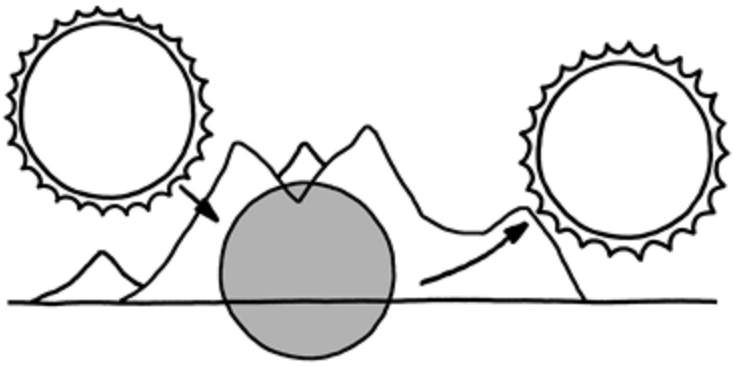
TO NIE JEST ZACHÓD SŁOŃCA



TO NIE JEST ZACHÓD SŁOŃCA

Zachód słońca rozpoczyna się w momencie, gdy słońce dotknie linii horyzontu, a kończy, gdy całkowicie się za nią schowa. Jeśli jej dotknie, a następnie znowu się podniesie, nie uznajemy tego za zachód słońca.

Aby zachód słońca się liczył, musi się ono schować za wyimaginowaną linią horyzontu, a nie za pobliskim wzgórzem. To nie jest zachód słońca, mimo że na to wygląda:



TO NIE JEST ZACHÓD SŁOŃCA

Nie możemy tego uznać za zachód słońca, ponieważ jeśli zaczniemy brać pod uwagę sztuczne przeszkody, w każdej chwili możemy sobie taki zachód słońca stworzyć, chowając się za jakąś skałą.

Musimy także brać pod uwagę refrakcję. Ziemska atmosfera zakrzywia światło i dlatego obserwatorowi wydaje się, że słońce w pobliżu linii

horyzontu jest o średnicę tarczy wyżej niż w rzeczywistości. Zgodnie ze standardową praktyką w swoich obliczeniach wziąłem pod uwagę wpływ tego zjawiska.

W marcu i we wrześniu zachód słońca na równiku trwa niewiele ponad dwie minuty, a bliżej biegunów, na przykład w Londynie, od 200 do 300 sekund. Najkrótszy jest na wiosnę oraz jesienią (kiedy słońce jest nad równikiem), a najdłuższy zimą i latem.

Jeśli znajdziemy się na biegunie południowym na początku marca, słońce będzie nam świecić przez cały dzień, przesuwając się nisko nad horyzontem. Tylko raz, około 21 marca, dotknie ono linii horyzontu i nastąpi tam jedyny w roku zachód słońca. Taki zachód słońca trwa od 38 do 40 godzin, czyli słońce wykona w tym czasie więcej niż jeden pełny obieg na linii horyzontu.

Pytanie Michaela jest całkiem niegłupie, ponieważ chodzi mu o zachód słońca, jaki moglibyśmy obserwować, jadąc po utwardzonej drodze. Do stacji badawczej na biegunie południowym prowadzi droga, ale jest ona zbudowana z ubitego śniegu. Utwardzonych dróg nie znajdziemy w pobliżu żadnego z biegunów.

Główna ulica w Longyearbyen na norweskiej wyspie Spitsbergen w archipelagu Svalbard to leżąca prawdopodobnie najbliżej któregokolwiek z biegunów droga, którą można uznać za utwardzoną. (Koniec pasa startowego w tej miejscowości leży jeszcze bliżej bieguna, ale jeżdżenie po nim samochodem może narazić nas na kłopoty).

Z Longyearbyen na biegun północny jest w istocie bliżej niż ze stacji badawczej McMurdo na biegun południowy. Dalej na północ można znaleźć jeszcze garstkę stacji wojskowych, badawczych i rybackich, ale w żadnej z nich nie ma niczego, co przypominałoby drogę; są tam tylko pasy startowe, przeważnie zbudowane ze żwiru i śniegu.

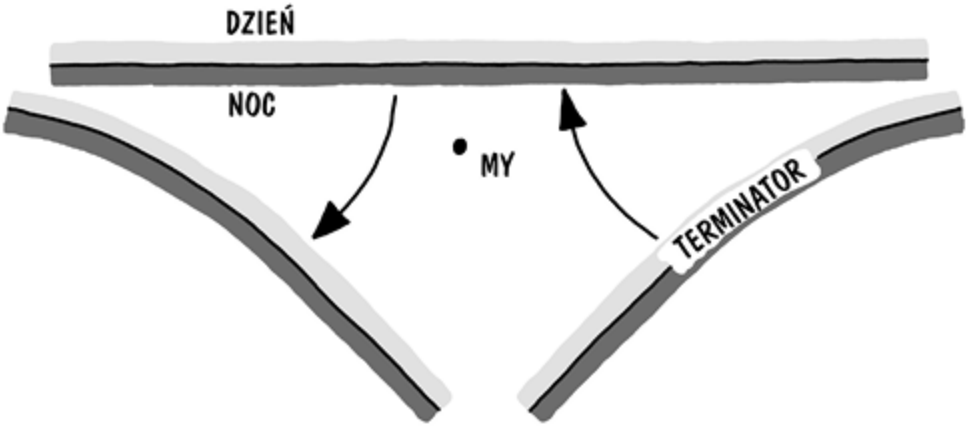
Jeśli wybierzemy się na spacer po centrum Longyearbyen [144], najdłuższy zachód słońca, jaki zaobserwujemy, będzie trwał niecałą godzinę. W rzeczywistości nie ma znaczenia, czy będziemy jeździć samochodem, czy chodzić – miasto jest zbyt małe, żeby stanowiło to jakąś różnicę.

Jednak gdy znajdziemy się na stałym lądzie, gdzie drogi są dłuższe, możemy osiągnąć jeszcze lepszy rezultat. Jeśli zaczniemy naszą podróż samochodem w tropikach i będziemy się poruszać po utwardzonych drogach, najdalej wysuniętym na północ punktem, do którego uda nam się dotrzeć, jest koniec trasy europejskiej E69 w Norwegii. Północną Skandynawię przecina kilka dróg, ale właśnie ta prowadzi najbardziej na północ, a intuicja podpowiada nam, że dobrze byłoby się tam znaleźć. Im bliżej bieguna, tym łatwiej podążać za słońcem.

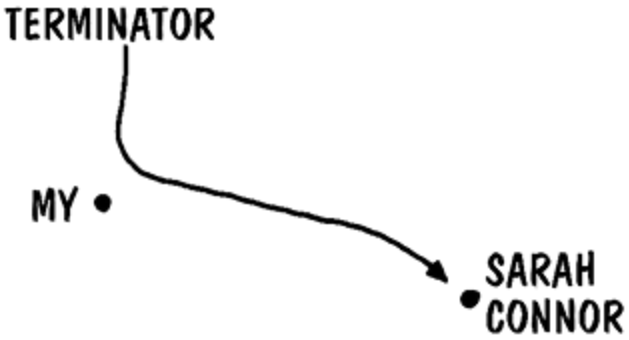
Niestety, okazuje się, że podążanie za słońcem to kiepska strategia. Nawet na norweskich szerokościach geograficznych słońce porusza się po prostu zbyt szybko. Gdybyśmy znaleźli się na samym końcu trasy europejskiej E69 – w najdalej położonym na północ punkcie naszej podróży z równika po utwardzonych drogach – musielibyśmy poruszać się z prędkością równą połowie prędkości dźwięku, żeby nadążyć za słońcem. (Trasa E69 prowadzi z południa na północ, a nie ze wschodu na zachód, więc i tak skończylibyśmy w Morzu Barentsa).

Na szczęście istnieje lepszy sposób.

Jeśli znajdziemy się w północnej Norwegii w dniu, w którym słońce ledwo zachodzi i zaraz potem wschodzi, terminator (linia pomiędzy dniem a nocą) będzie się przesuwać po powierzchni ziemi w następujący sposób:



Nie mylić z Terminatorem, który porusza się po ziemi w taki sposób:



Nie zdecydowałem jeszcze, przed którym terminatorem powinienem uciekać.

Strategia obserwowania długiego zachodu słońca jest bardzo prosta: trzeba zaczekać na moment, w którym terminator dotrze do naszego samochodu. Ruszamy wtedy na północ i jedziemy w sposób ciągły najdłużej, jak to możliwe (w zależności od układu lokalnej sieci dróg), tuż przed przesuwającą się linią pomiędzy dniem a nocą, a następnie zawracamy o 180 stopni i jedziemy na południe na tyle szybko, żeby ją przekroczyć i schronić się bezpiecznie w ciemności [145].

Zaskakujące, że ta strategia sprawdza się właściwie równie dobrze wszędzie za kołem podbiegunowym. W związku z tym przedłużonego zachodu słońca możemy doświadczyć na wielu drogach Finlandii i Norwegii. Korzystając z biblioteki PyEphem oraz śladów GPS głównych

norweskich dróg, wyszukałem trasy przejazdu dla najdłuższych zachodów słońca. Biorąc pod uwagę wiele różnych dróg i prędkości jazdy, doszedłem do wniosku, że najdłuższy zachód słońca moglibyśmy obserwować przez 95 minut. Jest to znaczny postęp – trwałoby to o 40 minut dłużej niż w Longyearbyen, gdzie prowadziliśmy obserwację z jednego miejsca.

Jeśli jednak jesteśmy już w archipelagu Svalbard i chcemy, żeby zachód – lub wschód – słońca trwały trochę dłużej, zawsze możemy obracać się wokół własnej osi w kierunku przeciwnym do ruchu wskazówek zegara [146]. Doda to co prawda tylko niezmiernie mały ułamek nanosekundy do ziemskiego zegara, ale w zależności od tego, z kim tam jesteśmy…

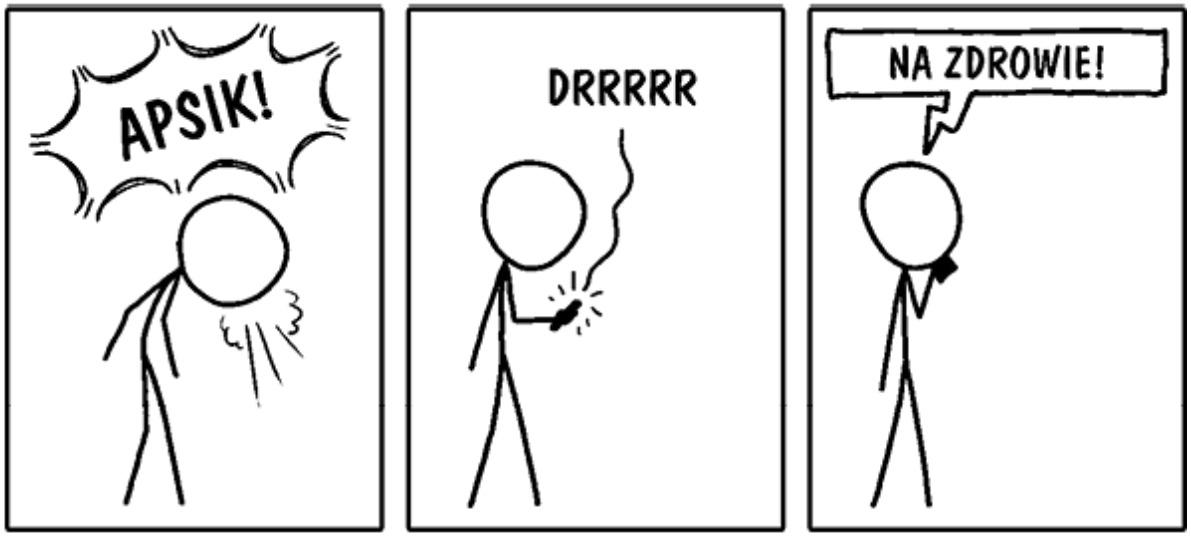
…może warto spróbować.

Przypadkowe kichnięcie

Jakie są szanse na to, że jeśli zadzwonimy pod przypadkowy numer telefonu i powiemy „na zdrowie”, trafimy na osobę, która przed chwilą kichnęła?

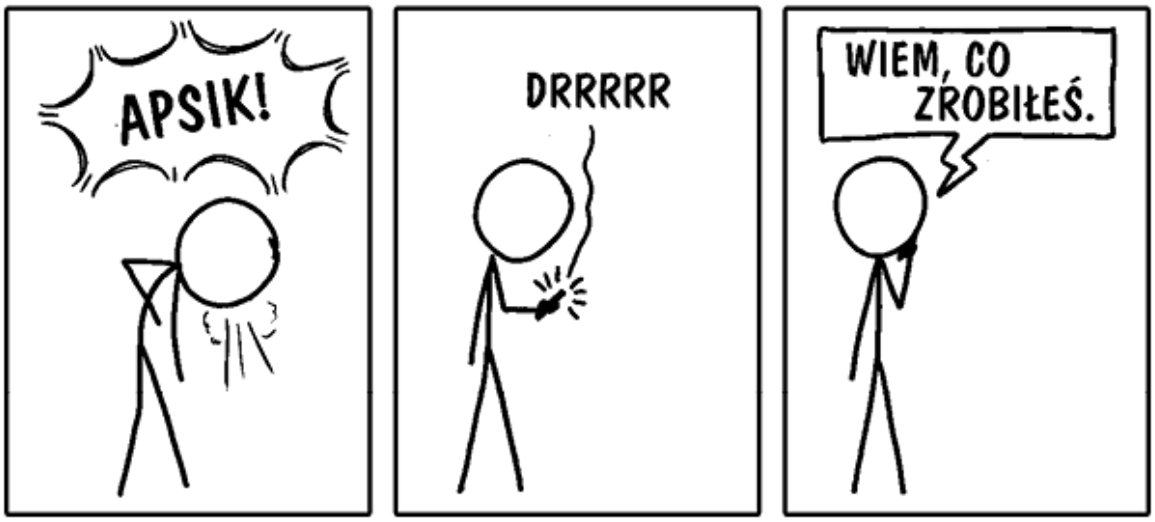
MIMI

TRUDNO TO DOKŁADNIE OKREŚLIĆ, ale prawdopodobieństwo takiego zdarzenia może wynosić około 1 do 40 tysięcy.



Zanim podniesiemy słuchawkę telefonu, powinniśmy pamiętać, że istnieje spora szansa – wynosząca jeden do miliarda – że osoba, do której się dodzwonimy, właśnie kogoś zamordowała [147]. Może więc warto być ostrożniejszym z życzeniem rozmówcy dobrego zdrowia.

Zważywszy jednak na to, że kichnięcia są powszechniejsze od zabójstw [148], bardziej prawdopodobne jest, że trafimy na osobę, która właśnie kichnęła, niż na mordercę, dlatego też zachowawcza strategia nie jest zalecana.



Zapamiętajcie, że mam zamiar to powiedzieć, kiedy ktoś kichnie.

W porównaniu ze wskaźnikiem zabójstw wskaźnik kichnięć nie doczekał się wielu badań naukowych. Najczęściej cytowana liczba dotycząca średniej częstotliwości kichania padła z ust lekarza w wywiadzie dla telewizji ABC News – wynosi ona 200 kichnięć rocznie na osobę.

Jednym z niewielu naukowych źródeł danych dotyczących kichania są badania czynników alergicznych, które mogą je wywołać. Aby określić średni wskaźnik kichnięć, możemy pominąć wszystkie zbierane przy tej okazji rzeczywiste dane medyczne i skoncentrować się tylko na osobach z grupy kontrolnej. Nie podawano im żadnych alergenów; przebywały same

w pomieszczeniu przez 176 sesji trwających po 20 minut[149]. W sumie w czasie nieco ponad 58 godzin osoby z grupy kontrolnej kichnęły cztery razy[150], co – przy założeniu, że kicha się wtedy, kiedy się nie śpi – daje mniej więcej 400 kichnięć rocznie na osobę.

Wyszukiwarka Google Scholar znalazła 5980 artykułów z 2012 roku, które wspominają o kichaniu. Jeśli połowa z nich została napisana w USA, a każdy artykuł ma przeciętnie czterech autorów, to wybranie jakiegoś amerykańskiego numeru telefonu da nam szansę wynoszącą jeden do 10 milionów, że trafimy na kogoś, kto właśnie tego dnia opublikował artykuł o kichaniu.

Z drugiej strony około 60 osób w USA ginie rocznie od uderzenia pioruna. Oznacza to, że prawdopodobieństwo dzwonienia do kogoś, kto zginął od uderzenia pioruna w czasie 30 sekund poprzedzających nasz telefon, wynosi jeden do 10 bilionów.

Na koniec przypuśćmy, że w dniu ukazania się tej książki pięć osób spróbowałoby przeprowadzić taki eksperyment. Jeśli przez cały dzień wybierałyby one różne numery, istnieje prawdopodobieństwo wynoszące około jeden do 30 tysięcy, że w pewnym momencie usłyszałyby w słuchawce sygnał zajętości, ponieważ osoba, do której by dzwoniły, właśnie dzwoniłaby do przypadkowego nieznajomego, aby powiedzieć mu: „Na zdrowie”.

Natomiast prawdopodobieństwo, że te dwie osoby zadzwonią do siebie jednocześnie, wynosi jeden do 10 bilionów.

Na tym etapie prawdopodobieństwo się podda, a obaj rozmówcy zostaną porażeni piorunem.

Dziwne (i niepokojące) pytania z What if? Skrzynka odbiorcza nr 10

Jakie jest prawdopodobieństwo, że wbity w mój tułów nóż nie uszkodzi żadnych ważnych organów, a ja przeżyję?

Thomas

Z jaką prędkością musiałbym wyskoczyć z rampy na motocyklu, żeby bezpiecznie otworzyć spadochron i wylądować na ziemi?

Anonim

Co by się stało, gdyby każdy człowiek miał codziennie jeden procent szans na to, że zamieni się w kurczaka, a każdy kurczak jeden procent szans na to, że zamieni się w człowieka?

Kenneth

Powiększająca się Ziemia

Po jakim czasie ludzie zauważyliby, że więcej ważą, gdyby średni promień Ziemi zwiększał się o centymetr na sekundę (przy założeniu, że zostałby zachowany przeciętny skład mineralny skał)?

DENNIS O'DONNELL

ZIEMIA obecnie się nie powiększa.

Przez wiele lat uważano, że mogłoby się tak dziać. Ludzie zauważyli, że kształty kontynentów pasują do siebie, jeszcze zanim w latach sześćdziesiątych XX wieku [151] potwierdzono teorię dryfu kontynentalnego. Wcześniej wysuwano różne hipotezy wyjaśniające taki stan rzeczy – między innymi taką, że baseny oceaniczne były kiedyś szczelinami w gładkiej powierzchni Ziemi, które otworzyły się w wyniku powiększania się naszej planety. Ta teoria nie była bardzo popularna [152] , ale od czasu do czasu wraca i można się z nią zapoznać w serwisie YouTube.

Aby nie zajmować się problemem szczelin powierzchniowych, wyobraźmy sobie, że cała materia, z jakiej zbudowana jest Ziemia, od skorupy aż do jądra, zaczyna się równomiernie rozszerzać. Aby uniknąć

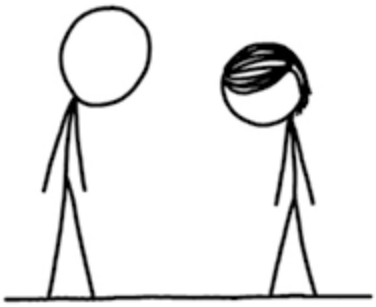
kolejnych scenariuszy zakładających osuszanie oceanów, przyjmijmy, że one również zwiększają swoją objętość [153]. Wszystkie budowle będące dziełem człowieka pozostaną na swoim miejscu.

t = 1 sekunda

Gdy Ziemia zacznie się powiększać, poczujemy lekkie szarpnięcie i możemy nawet na moment stracić równowagę. Jednak będzie to trwało bardzo krótko. Ponieważ będziemy się poruszać do góry ze stałą prędkością jednego centymetra na sekundę, nie odczujemy żadnego przyspieszenia. Przez resztę dnia niczego więcej nie zauważymy.

t = 1 dzień (24 godziny)

Po pierwszym dniu promień Ziemi powiększyłby się o 864 metry.



Zauważalna zmiana pola grawitacyjnego Ziemi nastąpiłaby dopiero po dłuższym czasie. Jeśli w chwili rozpoczęcia powiększania się Ziemi ważylibyśmy 70 kilogramów, pod koniec pierwszej doby ważylibyśmy 70,01 kilograma [154].

A co by się stało z drogami i mostami? Przecież one też musiałyby ulec zniszczeniu, prawda? Nie tak szybko, jak się nam wydaje. A oto łamigłówka, którą kiedyś usłyszałem:

Wyobraźmy sobie, że opasujemy Ziemię ciasno liną.

Teraz wyobraźmy sobie, że podnosimy tę linę metr nad powierzchnię.

Ile metrów dodatkowej liny będziemy potrzebować?

Chociaż może się wydawać, że potrzebowalibyśmy wielu kilometrów liny, odpowiedź brzmi: 6,28 metra. Obwód jest proporcjonalny do promienia, więc jeśli zwiększymy go o jedną jednostkę, obwód wzrośnie o 2p tych jednostek.

Rozciągnięcie liny długości 40 tysięcy kilometrów o 6,28 metra jest raczej bez znaczenia. Zwiększony po jednym dniu o 5,4 kilometra obwód Ziemi praktycznie wszystkie konstrukcje wytrzymałyby bez problemu. Beton codziennie rozszerza się i kurczy jeszcze bardziej.

Po początkowym szarpnięciu jednym z pierwszych zauważalnych efektów mógłby być niedziałający GPS. Sztuczne satelity pozostałyby na mniej więcej tych samych orbitach, ale wymagający wyjątkowo dokładnego pomiaru czasu system GPS przestałby działać już po kilku godzinach. Jest to jedyne zagadnienie techniczne, przy którym inżynierowie musieliby w obliczeniach brać pod uwagę zarówno szczególną, **jak i** ogólną teorię względności.

Większość pozostałych zegarów działałaby bez problemów. Jednak w przypadku precyzyjnych zegarów z wahadłem zauważylibyśmy coś dziwnego – przed końcem doby spieszyłyby się one o trzy sekundy.

t = 1 miesiąc

Po upływie miesiąca promień Ziemi powiększyłby się o 26 kilometrów – czyli o 0,4 procent – a jej masa wzrosłaby o 1,2 procent. Natężenie pola grawitacyjnego przy powierzchni Ziemi zwiększyłoby się raczej tylko o 0,4, a nie o 1,2 procent, ponieważ jest ono proporcjonalne do promienia [155] .

Gdybyśmy się zważyli, moglibyśmy zauważyć różnicę we wskazaniach naszej wagi, ale nie byłaby ona duża. Tak nieznaczne różnice wskazań wagi występują nawet wtedy, gdy przebywamy w różnych miastach – warto to mieć na uwadze przy zakupie wagi cyfrowej. Jeżeli nasza waga ma dokładność większą niż dwa miejsca po przecinku, powinniśmy ją skalibrować za pomocą wagi testowej – siła grawitacji działająca na wagę w fabryce nie musi być wcale taka sama jak w naszym domu.

Chociaż moglibyśmy nie zauważyć jeszcze wzrostu ciężaru, zauważylibyśmy, że Ziemia się powiększa. Po upływie miesiąca widoczne byłyby już pęknięcia w długich betonowych konstrukcjach oraz uszkodzenia wiaduktów i starych mostów. Prawdopodobnie większość budynków trzymałaby się nieźle, chociaż te umocowane sztywno w podłożu mogłyby zacząć się zachowywać w nieprzewidywalny sposób [156].

Na tym etapie astronauci przebywający na pokładzie Międzynarodowej Stacji Kosmicznej (ISS) mogliby się zaniepokoić. Nie tylko dlatego, że Ziemia oraz atmosfera ziemska zbliżałyby się do nich, ale również dlatego, że zwiększające się natężenie pola grawitacyjnego powodowałoby stopniowe zmniejszanie się orbity, po której krążyła dotąd stacja. Musieliby się szybko ewakuować, najpóźniej kilka miesięcy przed wejściem ISS w atmosferę i zejściem z orbity.

t = 1 rok

Po upływie roku natężenie pola grawitacyjnego byłoby większe o pięć procent. Prawdopodobnie zwrócilibyśmy już uwagę na to, że „przybraliśmy” na wadze, i na pewno zauważylibyśmy uszkodzenia dróg, mostów, linii energetycznych, satelitów oraz kabli podmorskich. Nasz zegar z wahadłem śpieszyłby się o pięć dni.

A co stałoby się z atmosferą?

Gdyby atmosfera nie zwiększała swojej objętości tak jak ziemia i woda, ciśnienie zaczęłoby spadać. Wynika to z połączenia wielu czynników. W miarę wzrostu natężenia pola grawitacyjnego powietrze staje się coraz cięższe. Ponieważ jednak rozciąga się ono nad wielkim obszarem, w rezultacie jego ciśnienie zaczyna **spadać**. Z drugiej strony, gdyby atmosfera także zwiększała swoją objętość, ciśnienie przy powierzchni

ziemi by wzrosło. Po latach wierzchołek Mount Everestu nie znajdowałby się już w „strefie śmierci”, ale ponieważ my bylibyśmy cięższi – a góra wyższa – wspięcie się na nią wymagałoby więcej wysiłku.

t = 5 lat

Po upływie pięciu lat natężenie pola grawitacyjnego byłoby większe o 25 procent. Jeśli w chwili rozpoczęcia powiększania się Ziemi ważyliśmy 70 kg, teraz nasza waga pokazywałaby 88 kg.

Większość infrastruktury zostałaby do tej pory zniszczona. Byłoby to spowodowane rozszerzaniem się gruntu pod konstrukcjami, a nie zwiększoną grawitacją. O dziwo, większość drapaczy chmur w takich warunkach świetnie dałaby sobie radę [157]. W ich przypadku problemem nie jest zwiększający się ciężar, ale wiatr.

t = 10 lat

Po upływie 10 lat natężenie pola grawitacyjnego byłoby większe o 50 procent. Gdyby atmosfera nie zwiększała swojej objętości, powietrze stałoby się tak rzadkie, że nawet na poziomie morza mielibyśmy kłopoty z oddychaniem. Gdyby natomiast atmosfera zwiększała swoją objętość, problemy te pojawiłyby się trochę później.

t = 40 lat

Po upływie 40 lat natężenie pola grawitacyjnego byłoby trzy razy silniejsze [158]. Na tym etapie nawet najsilniejsi ludzie poruszaliby się z dużym wysiłkiem. Oddychanie byłoby trudne. Drzewa przewróciłyby się, a zboża nie mogłyby ustać w pionie. Praktycznie na każdym zboczu

górskim pojawiłyby się ogromne osuwiska, ponieważ ziemia „szukałaby” mniejszego kąta usypu.

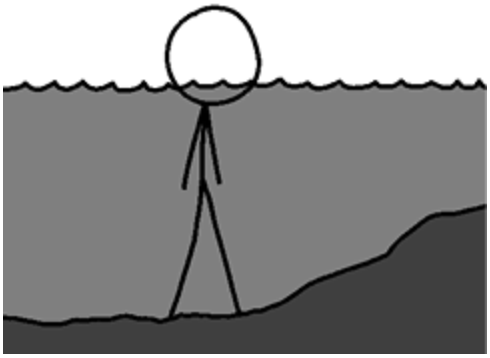
Zwiększyłaby się także aktywność geologiczna. Większość ciepła Ziemi pochodzi z rozpadu radioaktywnego minerałów w jej skorupie i płaszczu [159], a więc większa Ziemia to więcej ciepła. Ponieważ objętość rośnie szybciej niż powierzchnia, całkowita wartość ciepła „wypływającego” z metra kwadratowego Ziemi musiałaby się zwiększyć. Nie wystarczyłoby to jednak do znacznego podgrzania naszej planety, ponieważ temperatura powierzchni Ziemi zależy głównie od atmosfery oraz Słońca. Doprowadziłoby to natomiast do większej liczby wybuchów wulkanów, trzęsień ziemi oraz szybszych ruchów płyt tektonicznych. Sytuacja na naszej planecie przypominałaby tę sprzed miliardów lat, gdy Ziemia składała się z większej ilości materiałów radioaktywnych i miała bardziej gorący płaszcz.

Większa aktywność tektoniczna mogłaby mieć **korzystny** wpływ na życie na naszej planecie. Ruchy płyt tektonicznych odgrywają kluczową rolę w stabilizowaniu ziemskiego klimatu, a planety mniejsze od Ziemi (takie jak Mars) nie mają wystarczająco dużo wewnętrznego ciepła, aby podtrzymać długotrwałą aktywność geologiczną. Na większych planetach aktywność taka jest możliwa, dlatego też naukowcy uważają, że planety pozasłoneczne nieco większe od Ziemi (super-Ziemie) mogłyby być **bardziej** przyjazne dla rozwoju życia niż te o rozmiarach naszej planety.

t = 100 lat

Po upływie 100 lat przyspieszenie grawitacyjne na Ziemi wynosiłoby 6g (byłoby sześć razy większe niż przyspieszenie ziemskie). Nie bylibyśmy wtedy w stanie poruszać się w poszukiwaniu jedzenia, a nasze serca w ogóle nie zdołałyby pompować krwi do mózgu. Jedynie małe owady

(oraz zwierzęta morskie) mogłyby się poruszać. Być może ludzie zdołaliby przetrwać w specjalnych kopułach o regulowanym ciśnieniu, gdzie ich ciała w dużej części byłyby zanurzone w wodzie.



Oddychanie w takich warunkach byłoby trudne. Wdychanie powietrza w sytuacji gdy poddawani jesteśmy naporowi wody, wymaga dużego wysiłku, dlatego też nurkowanie z rurką jest możliwe tylko wtedy, kiedy nasze płuca znajdują się blisko powierzchni wody. Oddychanie poza kopułami nie byłoby możliwe jeszcze z innego powodu. Przy ciśnieniu wynoszącym około sześciu atmosfer nawet zwykłe powietrze staje się toksyczne. Nawet gdyby udało nam się jakoś przezwyciężyć pozostałe problemy, zabiłaby nas toksyczność tlenu. A nawet gdyby pominąć tę toksyczność, oddychanie w takich warunkach byłoby trudne z tego prostego powodu, że gęste powietrze jest **ciężkie**.

Czarna dziura

Kiedy Ziemia stałaby się w końcu czarną dziurą?

Trudno odpowiedzieć na to pytanie, ponieważ założyliśmy, że przy równomiernym wzroście promienia naszej planety jej gęstość nie ulega zmianie. Tymczasem w czarnej dziurze gęstość wzrasta.

Dynamika ogromnych planet skalistych nie jest częstym przedmiotem analiz, ponieważ nie wiadomo dokładnie, jak miałyby one powstawać. Tak

wielkie obiekty mają wystarczająco silne pole grawitacyjne, żeby w trakcie formowania się przyciągnąć wodór oraz hel i stać się gazowym olbrzymem.

W pewnym momencie nasza planeta osiągnęłaby punkt, w którym rosnąca masa zaczęłaby powodować jej kurczenie się, a nie powiększanie. Ziemia zapadłaby się w coś w rodzaju pyłowego białego karła albo gwiazdy neutronowej, a następnie – jeśli jej masa nadal by wzrastała – stałaby się w końcu czarną dziurą.

Ale zanimby do tego doszło…

t = 300 lat

Szkoda, że ludzie nie żyją tak długo, ponieważ na tym etapie mogłoby się zdarzyć coś naprawdę fajnego. W miarę powiększania się naszej planety Księżyc, podobnie jak sztuczne satelity, stopniowo zacząłby się do niej zbliżać po spiralnej orbicie. Po upływie kilkuset lat byłby dostatecznie blisko spuchniętej Ziemi, żeby siły pływowe pomiędzy tymi dwoma ciałami niebieskimi stały się silniejsze od sił grawitacji utrzymujących Księżyc w całości. Po przekroczeniu tej granicy – zwanej granicą Roche'a – nasz satelita stopniowo by się rozpadał [160], a Ziemia przez krótki czas miałaby własne pierścienie.

Jeśli podoba wam się ten obrazek, powinniście poprzesuwać obiekty wewnątrz ich granic Roche'a.

Nieważka strzała

Po jakim czasie opór powietrza zatrzymałby strzałę wystrzeloną z łuku i lecącą w atmosferze ziemskiej przy braku grawitacji? Czy w końcu zatrzymałaby się ona i zawisła w powietrzu?

MARK ESTANO

WSZYSTKIM NAM ZDARZYŁA SIĘ KIEDYŚ TAKA SYTUACJA: znajdujemy się wewnątrz dużej stacji kosmicznej i próbujemy zastrzelić kogoś z łuku.

W porównaniu z normalnymi zagadnieniami fizycznymi jest to zupełnie inny scenariusz.

Zwykle zajmujemy się tylko grawitacją i nie bierzemy pod uwagę oporu powietrza, a nie odwrotnie [161].

Tak jak można by się spodziewać, opór powietrza spowalniałby lecącą strzałę i w końcu by ją zatrzymał… po bardzo, bardzo długim locie. Na szczęście większa część tego lotu nie byłaby dla nikogo specjalnym zagrożeniem. Sprawdźmy dokładnie, jak by to przebiegało.

Przyjmijmy, że wystrzelimy strzałę z prędkością 85 metrów na sekundę. To w przybliżeniu dwa razy szybciej niż prędkość mocno uderzonej piłki w baseballowej Major League i trochę mniej niż 100 metrów na sekundę możliwe do osiągnięcia przy strzelaniu z najlepszych łuków bloczkowych.

Strzała szybko zmniejszyłaby swoją prędkość. Opór powietrza jest proporcjonalny do kwadratu prędkości, co oznacza, że w przypadku szybkiego lotu byłby on znaczny. W ciągu 10 sekund lotu strzała przebyłaby 400 metrów, a jej prędkość zmniejszyłaby się z 85 metrów na sekundę do 25 metrów na sekundę, czyli do prędkości, z jaką normalny człowiek mógłby **rzucić** strzałą.

Lecąca tak wolno strzała byłaby znacznie mniej niebezpieczna.

Myśliwi mówią, że nawet niewielkie różnice w prędkości strzały mają duże znaczenie, jeśli wziąć pod uwagę rozmiar zwierzęcia, które może ona zabić. Ważąca 25 gramów strzała, poruszająca się z prędkością 100 metrów na sekundę, byłaby odpowiednia do polowania na łosie i niedźwiedzie grizzly. Strzała lecąca 70 metrów na sekundę nie byłaby w stanie zabić jelenia lub, w naszym przypadku, kosmicznego jelenia. Strzała lecąca jeszcze wolniej nie stanowi już szczególnego zagrożenia… ale do całkowitego zatrzymania jeszcze jej sporo brakuje.

W ciągu pięciu minut strzała przeleciałaby ponad 1,5 kilometra i zwolniłaby mniej więcej do prędkości idącego człowieka. Wtedy opór powietrza byłby już bardzo mały; strzała ledwie by się poruszała, bardzo powoli wytracając swoją prędkość.

Na tym etapie doleciałaby już znacznie dalej niż jakakolwiek inna strzała poruszająca się w normalnych warunkach. Za pomocą najlepszych łuków możemy na płaskim terenie posłać strzałę na odległość kilkuset metrów, a rekord świata w strzelaniu z łuku wynosi niewiele ponad kilometr. Ustanowił go w 1987 roku łucznik Don Brown, strzelający niewielkimi, metalowymi strzałami z przerażającego urządzenia, które tylko trochę przypominało zwykły łuk.

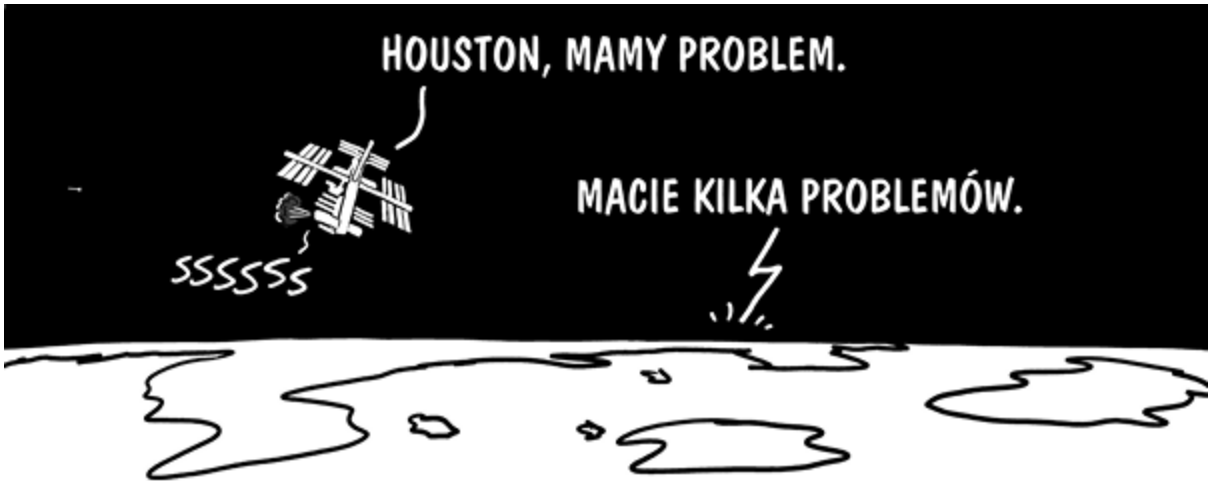
Przez kilka godzin strzała zwalniałaby coraz bardziej, a przepływ powietrza by się zmieniał. Powietrze ma bardzo małą lepkość, czyli nie jest kleiste. Oznacza to, że poruszające się w nim przedmioty napotykają opór spowodowany jego pędem, a nie kohezją między cząsteczkami. Przypomina to bardziej wkładanie ręki do wanny pełnej wody niż pełnej miodu.

Po upływie kilku godzin strzała poruszałaby się tak wolno, że trudno byłoby to nawet zauważyć. Na tym etapie, przy założeniu, że powietrze jest względnie nieruchome, zaczęłoby się ono zachowywać bardziej jak miód

niż jak woda. A strzała leciałaby bardzo powoli i w końcu by się zatrzymała.

Dokładny zasięg zależałby w dużym stopniu od precyzyjności wykonania strzały. Małe różnice w jej kształcie mogą radykalnie zmienić charakter przepływu powietrza przy niewielkich prędkościach. Strzała przeleciałaby prawdopodobnie przynajmniej kilka, może nawet 10 kilometrów.

Jest jednak pewien problem: jedynym miejscem posiadającym atmosferę podobną do ziemskiej, w którym panują warunki podobne jak przy braku grawitacji (stan nieważkości), jest Międzynarodowa Stacja Kosmiczna. Największy jej moduł Kibo ma zaledwie 10 metrów długości. Oznacza to, że jeśli faktycznie chcielibyśmy przeprowadzić ten eksperyment, nasza strzała przeleciałaby nie więcej niż 10 metrów. Następnie zatrzymałaby się lub… **naprawdę** zepsułaby komuś dzień.



Ziemia bez Słońca

Co by się stało z Ziemią, gdyby Słońce nagle zgasło?

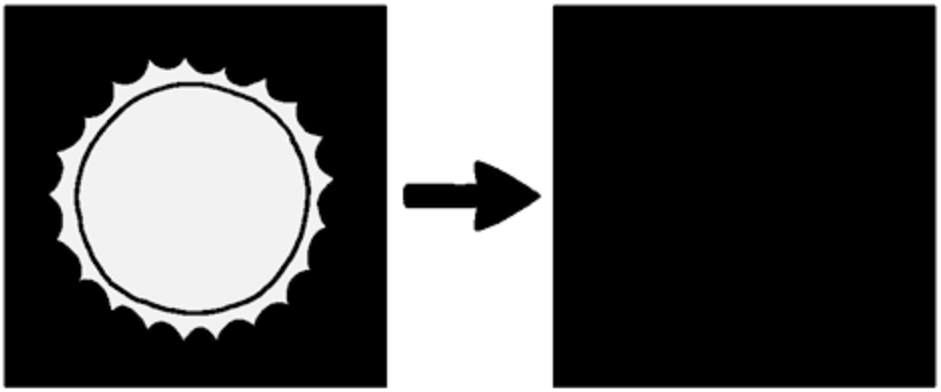
WIELU, BARDZO WIELU CZYTELNIKÓW

JEST TO PRAWDOPODOBNIE pytanie najczęściej zadawane na stronie internetowej *What if?*.

Nie odpowiadałem na nie między innymi dlatego, że odpowiedź jest już znana. Po wpisaniu w wyszukiwarce Google frazy „what if the Sun went out” (co by się stało, gdyby Słońce zgasło) znajdziemy mnóstwo wspaniałych artykułów, dokładnie analizujących ten scenariusz.

Jednak częstotliwość zadawania tego pytania stale wzrasta, postanowiłem więc odpowiedzieć na nie najlepiej, jak tylko potrafię.

Gdyby Słońce zgasło…



Rys. 1. Słońce gaśnie :(

Nie kłopoczemy się tym, jak dokładnie miałoby to przebiegać. Zakładamy po prostu, że znaleźliśmy sposób na znaczne przyśpieszenie ewolucji Słońca do etapu, na którym stanie się ono zimną, obojętną kulą. Jakie byłyby konsekwencje takiego stanu rzeczy dla nas, mieszkańców Ziemi?

Przyjrzyjmy się kilku z nich…

Zmniejszone ryzyko rozbłysków słonecznych. W 1859 roku Ziemię dotknęły dwa kosmiczne zdarzenia: ogromny rozbłysk słoneczny i burza geomagnetyczna. Burze magnetyczne wzbudzają w przewodach prąd elektryczny. Niestety, w tamtych czasach nasza planeta opleciona była przewodami telegraficznymi i burza spowodowała powstanie w nich

silnych prądów, co doprowadziło do zakłóceń łączności, a nawet pożarów sprzętu telegraficznego.

Od roku 1859 owinęliśmy Ziemię znacznie większą liczbą przewodów. Gdyby tamta burza dziś dotknęła naszą planetę, według szacunków Departamentu Bezpieczeństwa Krajowego straty ekonomiczne w samych tylko Stanach Zjednoczonych wyniosłyby kilka bilionów dolarów – byłyby większe niż straty spowodowane działaniem wszystkich huraganów, które kiedykolwiek nawiedziły ten kraj. Gdyby Słońce zgasło, groźba ta zostałaby wyeliminowana.

Lepsza łączność satelitarna. Kiedy satelita telekomunikacyjny przemieszcza się przed tarczą słoneczną, Słońce może całkowicie zakłócić jego sygnał radiowy i spowodować przerwanie połączeń. Wyłączenie Słońca rozwiązałoby ten problem.

Korzyści dla astronomów. Gdyby nie było Słońca, obserwatoria znajdujące się na Ziemi mogłyby pracować przez całą dobę. W chłodniejszym powietrzu zmniejszyłby się szum atmosferyczny, co pociągnęłoby za sobą mniejsze obciążenie adaptacyjnych układów optycznych, a więc umożliwiłoby robienie wyraźniejszych zdjęć.

Stabilny pył. Bez światła słonecznego nie byłoby efektu Poyntinga–Robertsona, co oznacza, że moglibyśmy umieścić drobiny materii międzyplanetarnej na stabilnej orbicie okołosłonecznej. Nie jestem przekonany, czy ktokolwiek chciałby to zrobić, ale nigdy nie wiadomo.

Zmniejszone koszty utrzymania infrastruktury. Według szacunków Departamentu Transportu naprawa i konserwacja wszystkich mostów

w USA w ciągu najbliższych 20 lat kosztowałaby 20 miliardów dolarów rocznie. Gdyby zabrakło Słońca, moglibyśmy zaoszczędzić pieniądze, kładąc po prostu pas asfaltu na lodzie.

Tańszy handel. Strefy czasowe powodują zwiększenie kosztów handlu; trudniej jest prowadzić z kimś interesy, jeśli jego godziny pracy nie pokrywają się z naszymi. Gdyby Słońce zniknęło, nie byłoby potrzeby tworzenia stref czasowych. Wszyscy stosowaliby uniwersalny czas koordynowany (UTC), co w rezultacie spowodowałoby wzmocnienie światowej gospodarki.

Bezpieczniejsze dzieci. Według Departamentu Zdrowia Dakoty Północnej dzieci do szóstego miesiąca życia powinny być chronione przed bezpośrednim wpływem promieni słonecznych. Bez Słońca nasze dzieci byłyby więc bezpieczniejsze.

Bezpieczniejsi piloci wojskowi. U wielu ludzi jaskrawe światło słoneczne wywołuje kichanie. Przyczyny tego odruchu są nieznane, ale może on stanowić zagrożenie dla pilotów wojskowych siedzących za sterami samolotu. Wraz ze zniknięciem Słońca zmniejszyłoby się ryzyko kichnięcia dla naszych pilotów.

Bezpieczniejszy pasternak. Dziki pasternak jest zaskakująco niebezpieczną rośliną. Jego liście zawierają związki chemiczne zwane furanokumarynami, które mogą być wchłaniane przez skórę człowieka bez wywoływania żadnych objawów… na pierwszy rzut oka. Jednak gdy skóra zostanie wystawiona na działanie światła słonecznego (nawet po kilku dniach lub tygodniach), furanokumaryny spowodują poważne oparzenia

chemiczne. Nazywa się to fitofotodermatozą. Gdyby Słońce zgasło, moglibyśmy bez obaw jeść pasternak.

Podsumowując, gdyby Słońce zgasło, odczulibyśmy rozmaite korzyści w wielu aspektach życia.

Czy są jakieś minusy takiego scenariusza?

Wszyscy byśmy zamarzli i umarli.

LUDZKOŚĆ
— NIECH SPOCZYWA W POKOJU

200 000 p.n.e. — 2024

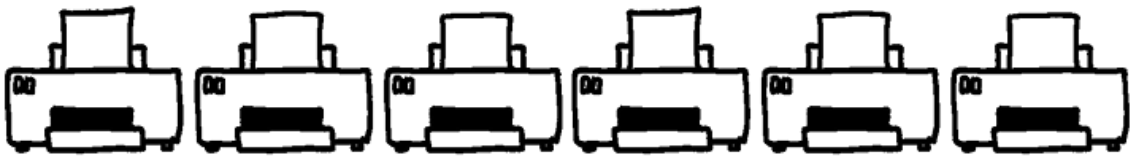
„MOŻE NIE POWINNIŚMY BYLI
JEDNAK GASIĆ SŁOŃCA".

Uaktualnianie drukowanej Wikipedii

Gdybyśmy mieli wydrukowaną wersję całej (dajmy na to, angielskiej) Wikipedii, ile drukarek potrzebowalibyśmy, żeby ją na bieżąco uaktualniać do wersji internetowej?

MAREIN KÖNINGS

TYLE.



Jeśli osoba, z którą umówiłeś się na randkę, zaprosiłaby cię do swojego domu i zobaczyłbyś w jej salonie rząd pracujących drukarek, to co byś sobie pomyślał?

Zaskakująco niewiele drukarek! Zanim jednak spróbujemy stworzyć uaktualniającą się na bieżąco papierową wersję Wikipedii, zobaczmy, co takiego **robiłyby** te drukarki… i ile by to kosztowało.

Drukowanie Wikipedii

Drukowanie Wikipedii było już brane pod uwagę. Pewien student, Rob Matthews, wydrukował wszystkie zamieszczone w Wikipedii artykuły i otrzymał księgę o grubości ponad jednego metra.

Rzecz jasna, to tylko niewielki wycinek tego, co najciekawsze w Wikipedii; cała encyklopedia byłaby o wiele grubsza. Jeden z użytkowników Wikipedii, Tompw, opracował program, który przelicza aktualny rozmiar całej angielskiej Wikipedii na drukowane tomy. Wypełniłyby one wiele regałów.

Trudno byłoby nadążać za zmianami.

Uaktualnianie na bieżąco

Angielska Wikipedia edytowana jest około 125 tysięcy–150 tysięcy razy dziennie, czyli 90–100 razy na minutę. Moglibyśmy spróbować znaleźć sposób na określenie średniej liczby słów pojedynczej edycji, ale jest to praktycznie niemożliwe. Na szczęście nie musimy tego robić – możemy po prostu przyjąć, że każda zmiana wymaga wydrukowania jakiejś strony od nowa. Wiele edycji w rzeczywistości wymaga wprowadzenia zmian na wielu stronach, lecz w przypadku innych byłby to tylko powrót do oryginalnej wersji, co pozwoliłoby nam wykorzystać wydrukowane wcześniej strony [162]. Rozsądne wydaje się więc założenie, że przeciętna edycja wymagałaby zmiany zaledwie jednej strony.

Dobra drukarka atramentowa jest w stanie wydrukować przez minutę 15 typowych stron Wikipedii zawierających zdjęcia, tabele i zwykły tekst. Oznacza to, że aby nadążyć za tempem edytowania, potrzebowalibyśmy tylko około sześciu drukarek pracujących bez przerwy.

Bardzo szybko pojawiłyby się za to stosy zadrukowanego papieru. Przy szacowaniu obecnego rozmiaru drukowanej Wikipedii wziąłem za punkt wyjścia książkę Roba Matthewsa i dokonałem szybkich obliczeń na kolanie. Ustaliłem przeciętną długość artykułów z Wikipedii i pomnożyłem ją przez liczbę wszystkich zamieszczonych tam artykułów. Na tej podstawie oceniłem objętość całości wydrukowanego papieru na 300 metrów sześciennych zwykłego tekstu.

Dla porównania, jeśli chcielibyśmy nadążyć za wszystkimi zmianami w Wikipedii, musielibyśmy drukować 300 metrów sześciennych papieru **miesięcznie**.

500 tysięcy dolarów miesięcznie

Sześć drukarek to niewiele, musiałyby one jednak pracować bez przerwy. A to jest kosztowne. Prąd potrzebny do ich zasilania byłby tani – płacilibyśmy zaledwie kilka dolarów dziennie. Papier kosztowałby około centa za stronę, co oznacza, że dziennie wydawalibyśmy na niego około tysiąca dolarów. Musielibyśmy jeszcze zatrudnić ludzi do obsługi drukarek, ale faktycznie kosztowałoby to nas mniej niż papier. Nawet koszt drukarek nie byłby bardzo dużym obciążeniem finansowym, mimo przerażająco szybkiego tempa wymiany sprzętu.

Koszmarem byłyby wkłady **atramentowe**.

Atrament

Z badań przeprowadzonych przez QualityLogic wynika, że w przypadku zwykłej drukarki atramentowej koszt wydrukowania jednej czarno-białej strony wynosi pięć centów, a zdjęcia – około 30 centów. Oznacza to, że na wkłady **atramentowe** wydawalibyśmy **codziennie** cztero- lub pięciocyfrową kwotę.

JESTEM ZRUJNOWANY!
W KTÓRYM MOMENCIE COŚ POSZŁO NIE TAK?
HM, WYDAJE MI SIĘ, ŻE NA SAMYM POCZĄTKU, GDY ZDECYDOWAŁEŚ SIĘ DRUKOWAĆ WIKIPEDIĘ.
BZZT BZZT
BZZT BZZT

Zdecydowanie lepszym rozwiązaniem byłaby inwestycja w drukarkę laserową. W przeciwnym wypadku w ciągu zaledwie miesiąca lub dwóch wydalibyśmy na nasz projekt pół miliona dolarów.

Ale nie to jest najgorsze. Osiemnastego stycznia 2012 roku Wikipedia zaczerniła wszystkie swoje strony w proteście przeciwko przepisom prawa ograniczającym wolność w internecie. Jeśli pewnego dnia Wikipedia zdecyduje się na powtórzenie tej akcji, a my zechcemy do niej dołączyć…

…to będziemy musieli zamówić skrzynię grubych pisaków i zaczernić wszystkie strony ręcznie.

Dlatego zdecydowanie pozostałbym przy wersji cyfrowej.

Facebook ludzi umarłych

Kiedy i czy kiedykolwiek na Facebooku będzie więcej profili zmarłych ludzi niż profili żyjących?

EMILY DUNHAM

„Załóż słuchawki!” „Nie mogę. Odpadły mi uszy”.

W ROKU 2060 lub w 2130.

Na Facebooku nie ma wielu zmarłych ludzi [163], ponieważ zarówno Facebook, jak i jego użytkownicy mają niewiele lat. Średni wiek użytkownika Facebooka wzrósł w ostatnim czasie, ale i tak ten portal

społecznościowy jest częściej odwiedzany przez młodych niż przez starszych.

Przeszłość

Jeśli weźmiemy pod uwagę rosnące statystyki oglądalności strony i zanalizujemy wiek jej użytkowników w czasie [164], możemy stwierdzić, że nie żyje już prawdopodobnie od 10 do 20 milionów ludzi, którzy stworzyli profile na Facebooku.

Ludzie ci są dość równomiernie reprezentowani we wszystkich grupach wiekowych. Młodzi mają o wiele niższy wskaźnik umieralności od ludzi po sześćdziesiątce czy po siedemdziesiątce, stanowią jednak znaczną część zmarłych na Facebooku, ponieważ właśnie ta grupa wiekowa jest najszerzej reprezentowana w mediach społecznościowych.

Stary Cory Doctorow przebrany tak, jak przyszłość myśli, że ubierał się w przeszłości.

Przyszłość

W 2013 roku w USA zmarło prawdopodobnie około 290 tysięcy użytkowników Facebooka. Na całym świecie było ich przypuszczalnie kilka milionów [165]. W ciągu zaledwie siedmiu lat ten wskaźnik umieralności się podwoi, a po kolejnych siedmiu podwoi się ponownie.

Nawet jeśli Facebook uniemożliwi od jutra rejestrowanie się nowych użytkowników, roczna liczba umierających obecnych użytkowników będzie rosła jeszcze przez dziesiątki lat, w miarę jak pokolenie uczniów i studentów z lat od 2000 do 2020 zacznie się starzeć.

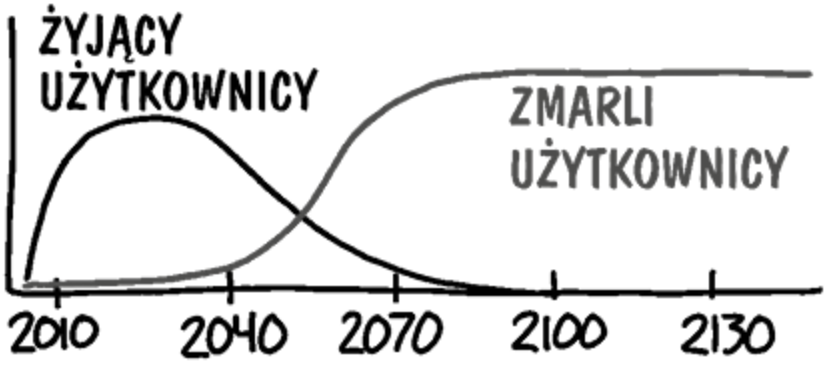
Czynnikiem decydującym o tym, kiedy liczba zmarłych przekroczy liczbę żyjących, jest to, czy nowi – najlepiej młodzi – użytkownicy będą dołączać do Facebooka w wystarczająco szybkim tempie, aby przez jakiś czas przewyższyć falę umierających.

Facebook w 2100 roku

W ten sposób dochodzimy do pytania o przyszłość Facebooka.

Nie mamy wystarczająco dużo doświadczenia z serwisami społecznościowymi, aby z jakimkolwiek prawdopodobieństwem powiedzieć, jak długo Facebook będzie istniał. Większość stron internetowych odniosła sukces, aby potem stopniowo tracić na popularności, więc założenie, że Facebook również podzieli ich los [166], jest całkiem rozsądne.

Jeśli będziemy rozpatrywać scenariusz, w którym Facebook pod koniec bieżącej dekady zaczyna tracić udziały w rynku i nigdy już nie odzyskuje popularności, liczba jego zmarłych użytkowników przekroczy liczbę żyjących mniej więcej w roku 2065.



Jednak być może tak się nie stanie. Niewykluczone, że Facebook, na zasadzie inercji, będzie pełnił taką funkcję jak protokół TCP, czyli stanie się niezbędną częścią infrastruktury, na której opierają się inne jej elementy – i ten konsensus zostanie zachowany.

Jeśli Facebook zostanie z nami na pokolenia, interesująca nas data wypadnie dopiero w połowie XXII wieku.

To wydaje się nieprawdopodobne. Nic nie trwa wiecznie, a gwałtowne zmiany są normą w przypadku każdego wynalazku opartego na technologii komputerowej. Ziemia zaśmiecona jest szkieletami stron internetowych i technologii, które jeszcze 10 lat temu wydawały się trwałymi instytucjami.

Możliwe, że prawda leży gdzieś pośrodku [167]. Musimy tylko poczekać na rozwój wydarzeń.

Los naszych obliczeń

Facebook może sobie pozwolić na przechowywanie naszych stron i danych bez końca. Żyjący użytkownicy zawsze będą wytwarzać więcej danych niż zmarli [168] i muszą mieć łatwy dostęp do swoich kont. Nawet jeśli konta zmarłych (lub nieaktywnych) osób stanowiłyby większość wszystkich kont użytkowników, prawdopodobnie i tak nie stanowiłyby dużego obciążenia dla całej infrastruktury.

Więcej będzie zależeć od naszych decyzji. Musimy **wiedzieć**, co miałoby się dziać z tymi profilami. Jeśli nie zażądamy, aby Facebook je usunął, prawdopodobnie zachowa ich kopie przez bardzo długi czas. A jeśli nawet się tak nie stanie, będą to robić różne inne organizacje zbierające dane.

Obecnie najbliższy krewny może przekształcić profil zmarłej osoby w stronę ku jej pamięci. Tu jednak pojawia się wiele pytań dotyczących haseł oraz dostępu do prywatnych danych, ponieważ nie opracowano dotąd żadnych norm społecznych związanych z tymi zagadnieniami. Czy dostęp do takich profili powinien być możliwy? Co powinno pozostać w sferze prywatnej? Czy krewny powinien mieć dostęp do e-maili zmarłego? Czy na stronach ku czyjejś pamięci można zamieszczać komentarze? Jak radzić sobie z trollowaniem i internetowym wandalizmem? Czy powinno się pozwolić na jakąś interakcję z profilami zmarłych użytkowników? Jakie listy znajomych powinny być tam udostępniane?

Są to zagadnienia, nad którymi obecnie pracuje się metodą prób i błędów. Śmierć to problem od zawsze poważny, trudny, budzący silne emocje, a każde społeczeństwo znajduje odmienne sposoby, aby sobie z nim radzić.

Podstawowe składniki ludzkiego życia się nie zmieniają. Wszyscy jemy, uczymy się, rośniemy, zakochujemy się, walczymy i umieramy. W każdym miejscu, kulturze i środowisku technologicznym wykształcają się różne wzory zachowań dotyczące tych samych czynności.

Podobnie jak inne społeczności żyjące przed nami, stale uczymy się, jak grać w tę grę na własnym boisku. Z myślą o internecie metodą prób i błędów tworzymy nowe normy społeczne dotyczące randkowania, spierania się, uczenia i dojrzewania. Prędzej czy później wymyślimy też, jak obchodzić żałobę.

14

Zachód słońca nad imperium brytyjskim

Kiedy (jeśli w ogóle) słońce w końcu zaszło nad imperium brytyjskim?

KURT AMUNDSON

JESZCZE NIE ZASZŁO, ALE tylko z powodu kilkudziesięciu ludzi żyjących na obszarze mniejszym od parku Disney World.

Największe imperium na świecie

Imperium brytyjskie obejmowało swoim zasięgiem znaczną część naszej planety. Stąd wywodzi się powiedzenie, że słońce nigdy tam nie zachodzi, ponieważ zawsze w jakiejś jego części trwa dzień.

Trudno dokładnie określić, kiedy ten długi dzień się rozpoczął. Cały proces kolonizacji (terenów już zamieszkanych przez innych ludzi) jest przede wszystkim bardzo arbitralny. W gruncie rzeczy Brytyjczycy budowali swoje imperium, żeglując dookoła świata i wbijając flagi na przypadkowych plażach. To sprawia, że trudno określić, kiedy konkretny obszar „oficjalnie” wszedł w skład tego imperium.

„Co to za zagadkowe miejsce – o, tam?”. „To Francja. Pewnego dnia będzie nasza”.

Dzień, o którym mowa, prawdopodobnie rozpoczął się pod koniec XVIII lub na początku XIX wieku, gdy do imperium brytyjskiego zostały włączone pierwsze terytoria Australii. Imperium w znacznym stopniu rozpadło się w początkach XX wieku, ale – o dziwo – formalnie rzecz biorąc, słońce nadal tam nie zachodzi.

14 terytoriów

Wielka Brytania posiada 14 terytoriów zamorskich, bezpośrednich pozostałości imperium brytyjskiego.

Wiele brytyjskich kolonii, które niedawno uzyskały niepodległość, dołączyło do Wspólnoty Narodów. W niektórych, między innymi w Kanadzie i Australii, głową państwa jest królowa Elżbieta. Istnieją jednak niepodległe państwa, które również mają tę samą królową, a nie są częścią żadnego imperium [169].

Słońce nie zachodzi nad wszystkimi 14 terytoriami brytyjskimi w tym samym czasie (ani nad 13, jeśli nie liczyć Brytyjskiego Terytorium Antarktycznego). Jeśli jednak Zjednoczone Królestwo straci pewne małe terytorium, doświadczy pierwszego zachodu słońca od ponad dwóch stuleci. Każdej nocy, około północy czasu uniwersalnego, słońce zachodzi na Kajmanach i wschodzi nad Brytyjskim Terytorium Oceanu Indyjskiego dopiero po pierwszej w nocy. W ciągu tej godziny małe wyspy Pitcairn na południowym Pacyfiku są jedynym terytorium brytyjskim, które pławi się w słońcu.

Na wyspach Pitcairn mieszka kilkadziesiąt osób, potomków buntowników z okrętu HMS „Bounty”. Wyspy okryły się złą sławą w 2004

roku, kiedy jedna trzecia dorosłych mieszkańców, w tym burmistrz, została skazana za molestowanie dzieci.

Jakkolwiek okropne byłyby te wyspy, pozostają częścią imperium brytyjskiego i jeśli nie zostaną z niego usunięte, liczący już dwa stulecia dzień będzie tam trwał.

Czy tak będzie zawsze?

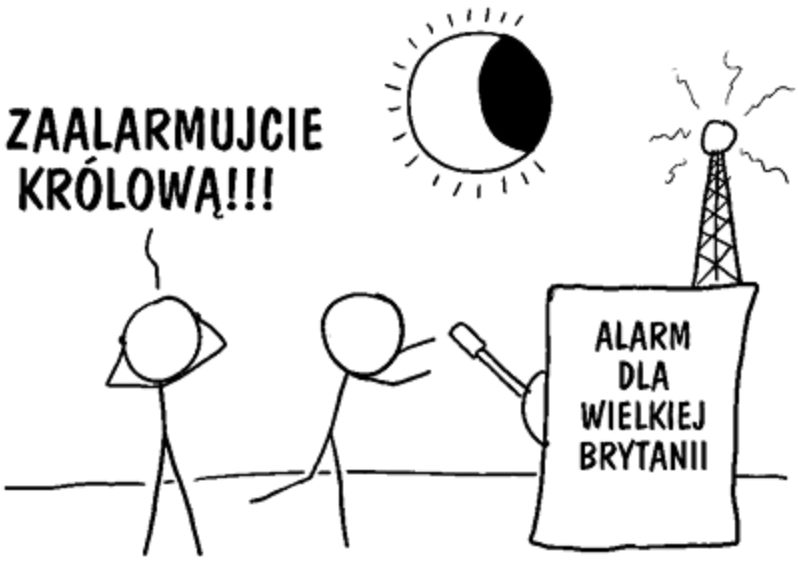
No cóż, być może.

W kwietniu 2432 roku wyspa doświadczy pierwszego całkowitego zaćmienia słońca od czasu przybycia tam buntowników.

Na szczęście dla imperium, do zaćmienia słońca dojdzie w czasie, gdy będzie się ono znajdowało nad Kajmanami leżącymi na Karaibach. W tym rejonie nie wystąpi całkowite zaćmienie słońca – będzie ono nadal świecić nawet w Londynie.

W istocie na wyspach Pitcairn przez kolejne tysiąc lat nie będzie całkowitego zaćmienia słońca, które zakończyłoby długi dzień imperium. Jeśli Zjednoczone Królestwo zachowa swoje obecne terytoria i granice, dzień ten może tam trwać jeszcze bardzo, bardzo długo.

Jednak nic nie trwa wiecznie. W końcu – za wiele tysiącleci – dojdzie tam do zaćmienia słońca i wreszcie zajdzie ono nad imperium brytyjskim.


ZAALARMUJCIE KRÓLOWĄ!!!
ALARM DLA WIELKIEJ BRYTANII

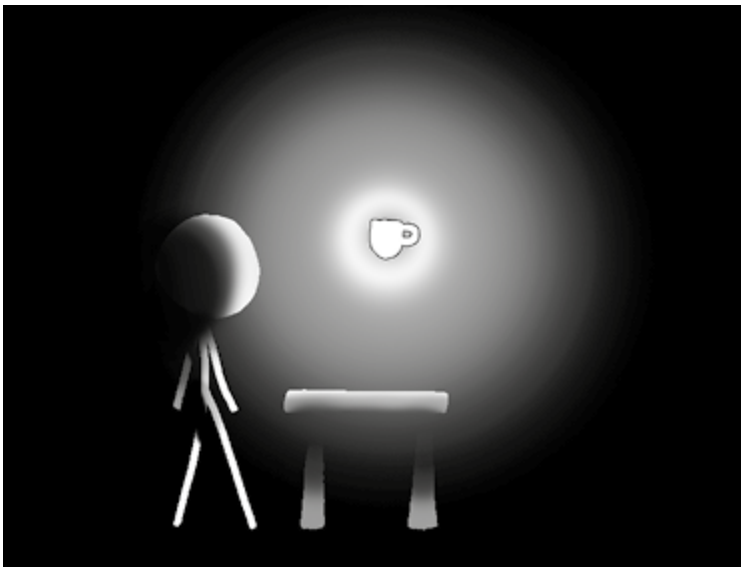
Mieszanie herbaty

Podczas mieszania gorącej herbaty w szklance zacząłem się zastanawiać: „Czy właściwie nie dostarczam jej w ten sposób energii kinetycznej?”. Wiem, że mieszanie nie schładza herbaty, ale co by się stało, gdybym zaczął ją mieszać szybciej? Czy byłbym w stanie zagotować wodę w szklance, gdybym po prostu ją mieszał?

WILL EVANS

NIE.

Jednak ten pomysł ma sens. Temperatura jest związana z energią kinetyczną. Gdy mieszamy herbatę, dostarczamy jej energii kinetycznej, z którą musi się później coś stać. Ponieważ herbata nie robi nic tak ekscytującego jak wznoszenie się w powietrze czy emitowanie światła, ta energia musi zamienić się w ciepło.



Czy ja źle parzę tę herbatę?

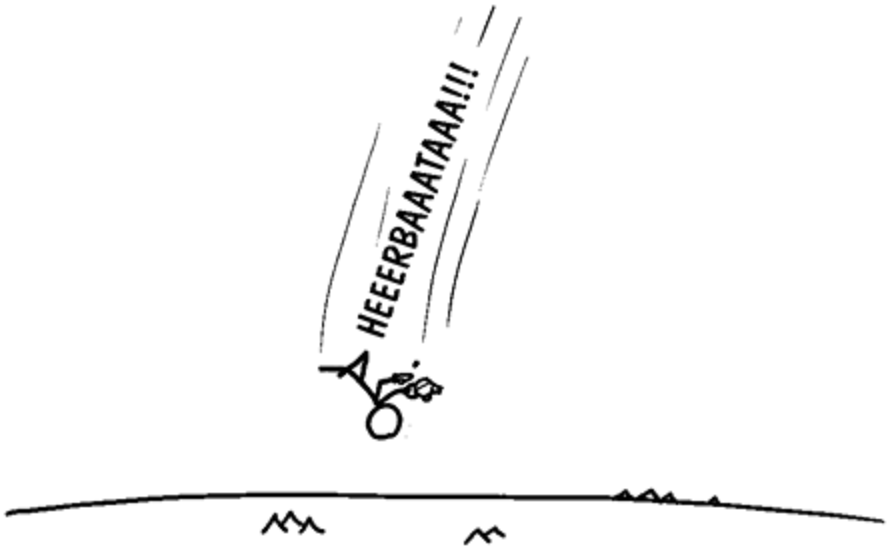
Powodem, dla którego nie zauważamy tego ciepła, jest jego niewielka ilość. Do podgrzania wody potrzeba ogromnych ilości energii, ponieważ ma ona większą objętościową pojemność cieplną niż każda inna powszechnie występująca substancja [170]. Jeśli chcielibyśmy w dwie minuty podgrzać wodę od temperatury pokojowej do temperatury bliskiej wrzenia, potrzebowaliśmy mnóstwo mocy [171]:

$$1\ \text{filiżanka} \times \text{pojemność cieplna wody} \times \frac{100^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}}{2\ \text{minuty}} = 700\ \text{watów}$$

Z tego wzoru wynika, że potrzebowalibyśmy w tym celu 700-watowego źródła mocy. Zwykła kuchenka mikrofalowa pobiera od 700 do 1100 watów i możemy w niej w dwie minuty podgrzać kubek wody na herbatę. Świetny wynik, jeśli wszystko idzie zgodnie z planem [172]!

Dwuminutowe podgrzewanie wody w kuchence mikrofalowej dostarcza tej wodzie ogromnych ilości energii. Woda spadająca z wodospadu Niagara nabiera energii kinetycznej, która na samym dole zamieniana jest w ciepło.

Jednak nawet po tak długim spadaniu woda podgrzewa się tylko o ułamek stopnia [173]. Aby zagotować filiżankę wody, musielibyśmy ją upuścić z miejsca znajdującego się powyżej górnych warstw atmosfery.



(Brytyjski Felix Baumgartner).

W jaki sposób możemy porównać mieszanie do podgrzewania w kuchence mikrofalowej? Przejrzałem raporty techniczne mikserów przemysłowych i doszedłem do wniosku, że energiczne mieszanie herbaty w filiżance dostarcza jej ciepła z mocą jednej milionowej wata, czyli ilość zupełnie nieistotną.

Efekt fizyczny mieszania jest w rzeczywistości trochę skomplikowany [174]. Większość ciepła jest odprowadzana z filiżanek przez unoszące się nad nimi w procesie konwekcji powietrze. Innymi słowy, herbata schładza się z góry na dół. Mieszanie unosi gorącą wodę z dna filiżanki, więc przyspiesza ten proces. Zachodzą też inne zjawiska – mieszanie zaburza ruch powietrza, które ogrzewa ścianki naczynia. Bez dokładnych danych trudno opisać dokładnie, co się tam dzieje.

Na szczęście jest internet. Na stronie *Stack Exchange* użytkownik **drhodes** podał: zmierzone przez siebie tempo schładzania się filiżanki

mieszanej herbaty; filiżanki herbaty, której nie mieszamy; filiżanki, w której wielokrotnie zanurzamy łyżeczkę; a także filiżanki, z której tę łyżeczkę wyjmujemy. Bardzo pomocne było zamieszczenie przez **drhodesa** zarówno wykresów w wysokiej rozdzielczości, **jak i** surowych danych, czego często brakuje w wielu artykułach prasowych.

Wniosek: nie ma znaczenia, czy herbatę mieszamy, zanurzamy w niej łyżeczkę, czy nie robimy nic; schładza się ona w tym samym tempie (chociaż zanurzanie łyżeczki i jej wyjmowanie minimalnie przyśpiesza ten proces).

I tu wracamy do początkowego pytania: czy można zagotować herbatę przez wystarczająco energiczne mieszanie?

Nie.

Pierwszy problem to moc. Obliczone przez nas 700 watów to w przybliżeniu jeden koń mechaniczny, a więc do zagotowania herbaty w dwie minuty potrzebowalibyśmy przynajmniej jednego wystarczająco energicznie mieszającego ją konia.

Zapotrzebowanie na moc można ograniczyć, podgrzewając herbatę przez dłuższy czas, jeśli jednak zbytnio tę moc ograniczymy, herbata będzie się równie szybko schładzała, jak nagrzewała.

Nawet jeśli mieszalibyśmy łyżeczką wystarczająco energicznie – w tempie dziesiątek tysięcy obrotów na sekundę – w podgrzaniu herbaty przeszkodziłaby nam dynamika płynów. Przy tak dużych prędkościach płyn uległby kawitacji; na drodze poruszania się łyżeczki utworzyłaby się próżnia i mieszanie stałoby się nieskuteczne [175]. Jeśli będziemy mieszać na tyle energicznie, że herbata ulegnie kawitacji, jej warstwa powierzchniowa bardzo szybko się powiększy i w ciągu kilku sekund płyn schłodzi się do temperatury pokojowej.

Bez względu na to, jak energicznie mieszamy herbatę, nie stanie się ona dzięki temu ani trochę cieplejsza.

Wszystkie pioruny

Gdyby wszystkie pioruny uderzające w Ziemię określonego dnia uderzyły w tej samej chwili w jedno miejsce, co by się tam stało?

TREVOR JONES

MÓWI SIĘ, ŻE PIORUN NIGDY NIE uderza dwa razy w to samo miejsce.

Ci, którzy tak twierdzą, nie mają racji. Z perspektywy ewolucji jest trochę dziwne, że takie stwierdzenie nadal jest powtarzane; można by pomyśleć, że ludzie, którzy w to wierzą, dawno już powinni byli zostać odfiltrowani z żyjącej populacji.

Tak działa ewolucja, prawda?

Ludzie często zastanawiają się nad tym, czy moglibyśmy czerpać energię elektryczną z wyładowań atmosferycznych. Na pierwszy rzut oka miałoby to sens. W końcu piorun to energia elektryczna [176], a jego uderzenie istotnie dostarcza znaczną jej ilość. Sęk w tym, że trudno zmusić piorun do trafienia tam, gdzie chcemy [177].

Typowe wyładowanie atmosferyczne dostarcza dostatecznie dużo energii, żeby zasilać dom mieszkalny przez dwa dni. Oznacza to, że nawet 100 uderzeń pioruna w ciągu roku w Empire State Building nie pokryłoby w całości zapotrzebowania tego budynku na energię elektryczną.

Nawet w regionach świata z dużą liczbą burz, takich jak Floryda czy wschodnie Kongo, energia światła słonecznego jest milion razy większa od tej dostarczanej przez wyładowanie atmosferyczne. Czerpanie energii z uderzenia pioruna można by porównać do farmy wiatrowej, na której łopatki wiatraków byłyby obracane przez tornado: wyjątkowo niepraktyczne rozwiązanie [178].

Piorun Trevora

W scenariuszu Trevora wszystkie pioruny świata uderzają w jedno miejsce. W takiej sytuacji czerpanie energii z uderzeń piorunów staje się o wiele bardziej atrakcyjne!

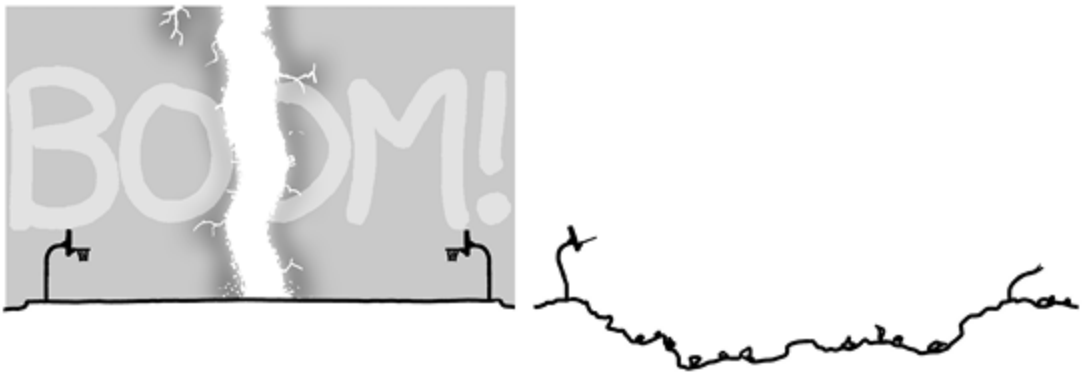
Gdy mówimy: „Uderzają w jedno miejsce”, zakładamy, że wszystkie pioruny schodzą w dół równolegle, jeden przy drugim. Główny kanał wyładowania atmosferycznego, którym płynie prąd, ma około centymetra średnicy. Nasza wiązka składa się z miliona pojedynczych piorunów, czyli jej średnica będzie wynosić około sześciu metrów.

Każdy pisarz naukowy zawsze porównuje wszystko do bomby atomowej zrzuconej na Hiroszimę [179], a więc my także możemy pójść tym tropem: uderzenie pioruna dostarczyłoby powietrzu i ziemi energii równej w przybliżeniu energii dwóch bomb atomowych.

Z bardziej praktycznego punktu widzenia jest to wystarczająco dużo energii elektrycznej, żeby zasilać konsolę do gier i telewizor plazmowy przez kilka milionów lat. Lub innymi słowy jest to tyle, ile wynosi zużycie energii elektrycznej w USA… w ciągu pięciu minut.

Sam piorun miałby średnicę niewiele większą od koła środkowego na boisku do koszykówki, ale po jego uderzeniu pozostałby krater wielkości

całego boiska.



We wnętrzu pioruna powietrze zamieniłoby się w wysokoenergetyczną plazmę. Światło i ciepło wytworzone przez taki piorun spowodowałyby spontaniczne pożary na obszarze wielu kilometrów wokół miejsca, w które by uderzył. Fala uderzeniowa powaliłaby drzewa i zniszczyłaby budynki. Krótko mówiąc, porównanie z Hiroszimą jest jak najbardziej uzasadnione.

Czy możemy się przed tym ochronić?

Piorunochrony

Zasada działania piorunochronów jest wciąż przedmiotem dyskusji. Niektórzy uważają, że w rzeczywistości zapobiegają one uderzeniom piorunów, ponieważ „zasysają” ładunek elektryczny z ziemi do powietrza, czyli zmniejszają w ten sposób zarówno różnicę potencjałów między chmurą a powierzchnią ziemi, jak i prawdopodobieństwo wystąpienia wyładowania atmosferycznego. Krajowa Rada Pożarnictwa (NFPA) obecnie nie akceptuje tej konstrukcji myślowej.

Nie jestem pewien, co ta organizacja powiedziałaby o pomyśle Trevora, ale piorunochron nie ochroniłby nas przed takim ogromnym piorunem. Miedziany przewód o średnicy jednego metra teoretycznie mógłby odprowadzić krótkotrwały impuls elektryczny, nie stapiając się przy tym.

Niestety, kiedy piorun dotarłby do dolnego końca piorunochronu, **ziemia** nie byłaby w stanie przewodzić prądu równie dobrze jak piorunochron i eksplozja stopionej skały zniszczyłaby mimo wszystko nasz dom [180].

Latarnia Maracaibo

Zebranie wszystkich piorunów świata w jednym miejscu jest oczywiście niemożliwe. A gdyby zebrać pioruny tylko z jakiegoś obszaru?

Nie ma takiego miejsca na Ziemi, w którym pioruny uderzałyby **bez przerwy**, jednak pewien rejon w Wenezueli jest bardzo obiecujący pod tym względem. W pobliżu południowo-zachodniego brzegu jeziora Maracaibo zachodzi dziwne zjawisko: nieprzerwane nocne burze. Są tam dwa miejsca, jedno nad jeziorem, a drugie nad lądem na zachód od jeziora, w których burze zdarzają się prawie każdej nocy. W czasie ich trwania co dwie sekundy widać błyskawice, co czyni z jeziora Maracaibo światową stolicę wyładowań atmosferycznych.

Gdyby jakimś sposobem udało się nam skierować wszystkie pioruny powstające w ciągu jednej nocy w pobliżu jeziora Maracaibo do pojedynczego piorunochronu i wykorzystać je do naładowania ogromnego kondensatora, zmagazynowalibyśmy wystarczającą ilość energii, żeby zasilać konsolę do gier i telewizor plazmowy przez mniej więcej sto lat [181].

Oczywiście gdyby to się zdarzyło, należałoby **znów** zmienić stare powiedzenie.

NO CÓŻ, WIESZ, CO SIĘ TERAZ MÓWI:
„PIORUNY ZAWSZE UDERZAJĄ
W TO SAMO MIEJSCE.
TYM MIEJSCEM JEST WENEZUELA.
LEPIEJ TAM NIE STAWAJ".

Najbardziej samotny człowiek

Jak daleko od innych ludzi znajdował się kiedykolwiek człowiek? I czy był samotny?

BRYAN J MCCARTER

TRUDNO TO OKREŚLIĆ ze stuprocentową pewnością!

Najbardziej podejrzanych jest sześciu pilotów modułu dowodzenia statku kosmicznego Apollo, którzy pozostawali w nim na orbicie Księżyca podczas misji lądowania: Mike Collins, Dick Gordon, Stu Roosa, Al Worden, Ken Mattingly i Ron Evans. Każdy z nich był sam w module dowodzenia w czasie, gdy dwaj pozostali astronauci przebywali na Księżycu. W najwyższym punkcie orbity modułu znajdowali się oni w odległości około 3585 kilometrów od swoich kolegów astronautów.

Z drugiej strony był to też moment, kiedy reszta ludzkości pozostawała najdalej od tych zwariowanych astronautów.

Można by pomyśleć, że wynik osiągnięty przez astronautów zamyka całą kwestię, ale nie jest to takie proste.

Polinezyjczycy

Trudno jest znaleźć się 3585 kilometrów od miejsca zamieszkanego na stałe [182]. Polinezyjczykom, którzy jako pierwsi pływali po Pacyfiku, mogłoby się to udać, ale samotny żeglarz musiałby odpłynąć strasznie daleko od innych ludzi. To mogło się wydarzyć – na przykład na skutek zbiegu okoliczności, gdy ktoś został oddzielony od reszty grupy przez sztorm – ale już nigdy się tego nie dowiemy.

Po tym, jak Pacyfik został skolonizowany, trudno było znaleźć na Ziemi takie miejsce, w którym ktoś byłby oddalony od innej osoby o 3585

kilometrów. Obecnie, gdy nawet Antarktyda jest na stałe zamieszkana przez badaczy, jest to prawie na pewno niemożliwe.

Badacze Antarktydy

W czasach podboju Antarktydy kilku ludzi zbliżyło się do wyniku osiągniętego później przez astronautów, a jeden z nich, Robert Scott, być może nawet pobił rekord.

Robert Falcon Scott był brytyjskim odkrywcą, który tragicznie skończył. Kiedy jego wyprawa dotarła do bieguna południowego w 1911 roku, okazało się, że Norweg Roald Amundsen pojawił się tam kilka miesięcy wcześniej. Zawiedziony Scott i jego towarzysze podróży rozpoczęli powrotną wędrówkę w stronę wybrzeża, lecz wszyscy zginęli podczas pokonywania Lodowca Szelfowego Rossa.

Ostatni żyjący członek tej ekspedycji mógł być przez krótki czas jednym z najbardziej samotnych ludzi na Ziemi [183]. Kimkolwiek był, znajdował się jednak w odległości mniejszej niż 3585 kilometrów od innych ludzi, między innymi badaczy Antarktydy w ich bazach czy Maorysów na Rakiurze (czyli na wyspie Stewart) w Nowej Zelandii.

Jest jeszcze wielu innych kandydatów do miana najbardziej samotnego człowieka. Pierre François Péron, francuski żeglarz, twierdził, że pozostawiono go na wyspie Amsterdam na południowym Oceanie Indyjskim. Jeśli to prawda, niewiele brakowało, żeby osiągnął wynik lepszy od astronautów, znajdował się jednak zbyt blisko Mauritiusa, południowo-wschodniej Australii oraz wybrzeży Madagaskaru.

Być może jakiś rozbitek dryfujący w szalupie ratunkowej po Oceanie Południowym w XVIII wieku zasłużył na tytuł najbardziej odizolowanego człowieka? Dopóki nie pojawią się oczywiste świadectwa historyczne,

wydaje mi się, że tytuł ten należy się jednak sześciu astronautom ze statku kosmicznego Apollo.

I tu dochodzimy do drugiej części pytania Bryana: czy byli oni samotni?

Samotność

Po powrocie Apollo 11 na Ziemię pilot modułu dowodzenia Mike Collins powiedział, że zupełnie nie czuł się samotny. Swoje doświadczenia opisał w książce *Carrying the Fire: An Astronaut's Journeys*:

> *Daleki od poczucia samotności czy opuszczenia, zdecydowanie czuję, że jestem częścią tego, co się dzieje na powierzchni Księżyca (…) Nie zamierzam negować poczucia samotności. Ono istnieje, wzmocnione przez fakt, że kontakt radiowy z Ziemią nagle zanika, gdy chowa się ona za Księżycem.*
> *Teraz jestem sam, naprawdę sam, całkowicie odizolowany od jakiejkolwiek znanej formy życia. Ja jestem życiem. Gdyby policzyć wszystkich ludzi, byłoby ich 3 miliardy plus dwóch po tamtej stronie Księżyca oraz jeden plus Bóg wie ilu po tej.*

Alowi Wardenowi, pilotowi modułu dowodzenia Apollo 15, nawet się to podobało:

> *Jest coś szczególnego w braku towarzystwa i samotności, są to jednak dwie zupełnie różne rzeczy. Byłem sam, ale nie byłem samotny. Najpierw służyłem jako pilot myśliwca w siłach powietrznych, później jako pilot oblatywacz – także głównie myśliwców – przywykłem więc do bycia samemu. Bardzo to lubiłem. Nie czułem wcale potrzeby rozmawiania z Dave'em i Jimem (…) Po tamtej stronie Księżyca nie musiałem nawet rozmawiać z Houston i to była najprzyjemniejsza część całego lotu.*

Introwertycy to zrozumieją; najbardziej samotny człowiek w historii był po prostu szczęśliwy, że ma kilka minut ciszy i spokoju.

Dziwne (i niepokojące) pytania z What if? Skrzynka odbiorcza nr 11

Czy gdyby wszyscy mieszkańcy Wielkiej Brytanii udali się na wybrzeże i zaczęli wiosłować, zdołaliby poruszyć choć trochę całą wyspę?

Ellen Eubanks

Czy istnieją tornada ogniowe?

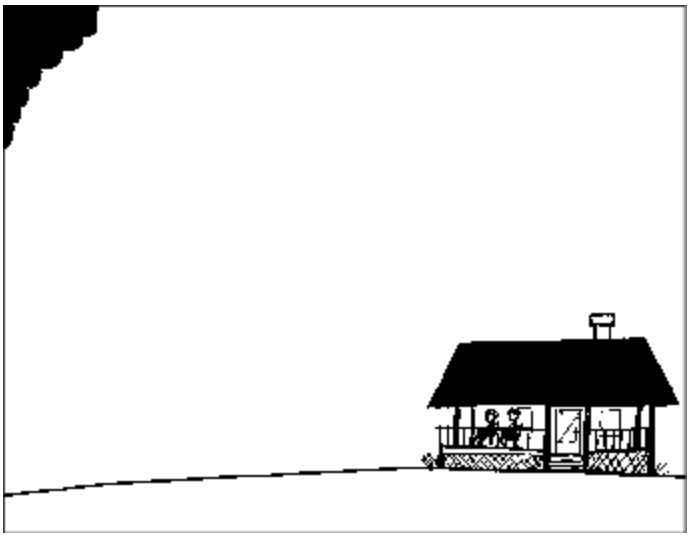
Seth Wishman

Kropla deszczu

Co by się stało, gdyby cała woda z ulewy spadła na ziemię w postaci jednej olbrzymiej kropli?

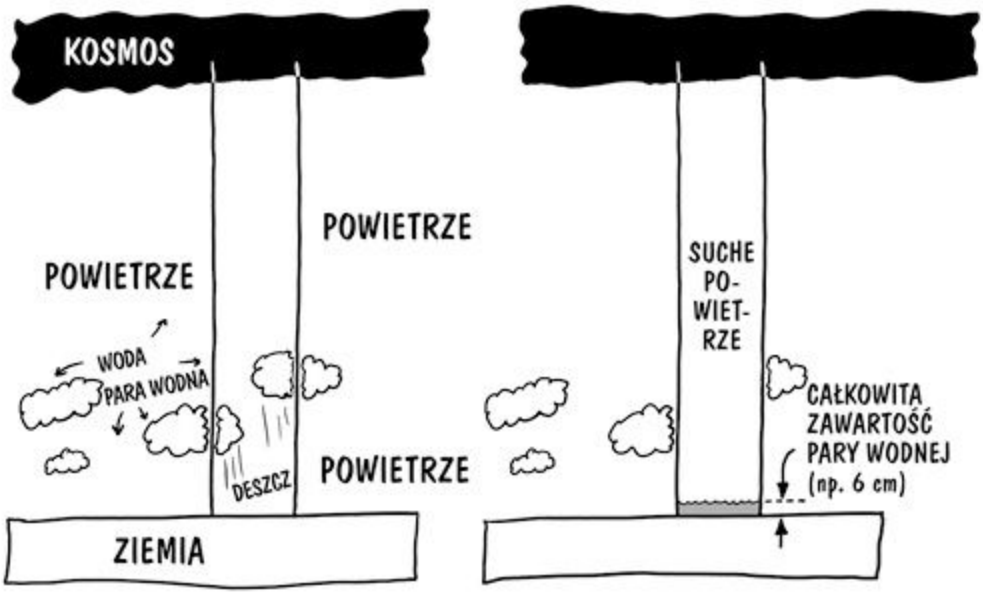
MICHAEL MCNEILL

ŚRODEK LATA W KANSAS. Powietrze jest gorące i ciężkie. Dwóch weteranów siedzi na ganku w bujanych fotelach. Na południowo-zachodnim horyzoncie zaczynają się gromadzić złowieszczo wyglądające chmury. Zbliżają się do samotnego domu i przybierają kształty wież, a ich górne części formują się w kowadła. Kiedy zrywa się delikatna bryza, słychać podzwanianie kurantów wiatrowych. Niebo zaczyna się robić coraz ciemniejsze.



Wilgoć

Powietrze zawiera wodę. Jeśli utworzymy kolumnę powietrza sięgającą od powierzchni ziemi do górnych warstw jej atmosfery, a następnie ją schłodzimy, wilgoć w niej zawarta skropli się w postaci deszczu. Jeśli następnie zbierzemy deszcz u podstawy kolumny, woda wypełni ją do wysokości nawet kilkudziesięciu centymetrów. Wysokość takiej kolumny wody nazywana jest całkowitą zawartością pary wodnej (TPW).



Zwykle wynosi ona jeden lub dwa centymetry.

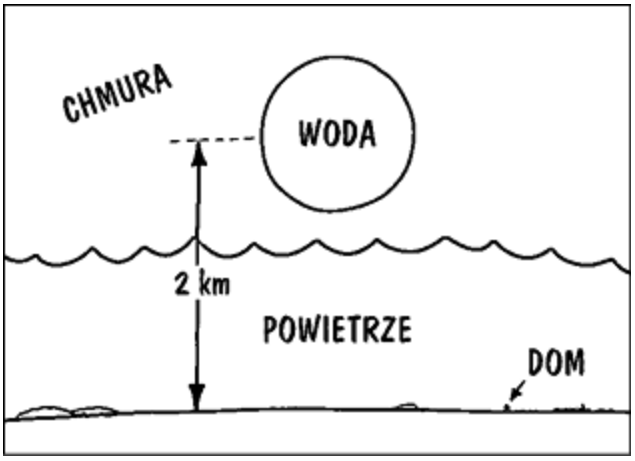
Satelity mierzą zawartość pary wodnej w każdym miejscu naszej planety, co można zobaczyć na naprawdę pięknych mapach.

Wyobraźmy sobie, że nasza burza ma rozmiar 100 na 100 kilometrów i dużą całkowitą zawartość pary wodnej, wynoszącą sześć centymetrów. Oznacza to, że woda z naszej ulewy miałaby następującą objętość:

$$100\ \text{km} \times 100\ \text{km} \times 6\ \text{cm} = 0{,}6\ \text{km}^3$$

Taka ilość wody ważyłaby 600 milionów ton (nawiasem mówiąc, to mniej więcej tyle, ile wynosi całkowita masa wszystkich przedstawicieli naszego gatunku). W normalnych warunkach porcja tej wody spadłaby w postaci deszczu i utworzyła na ziemi warstwę o wysokości najwyżej sześciu centymetrów.

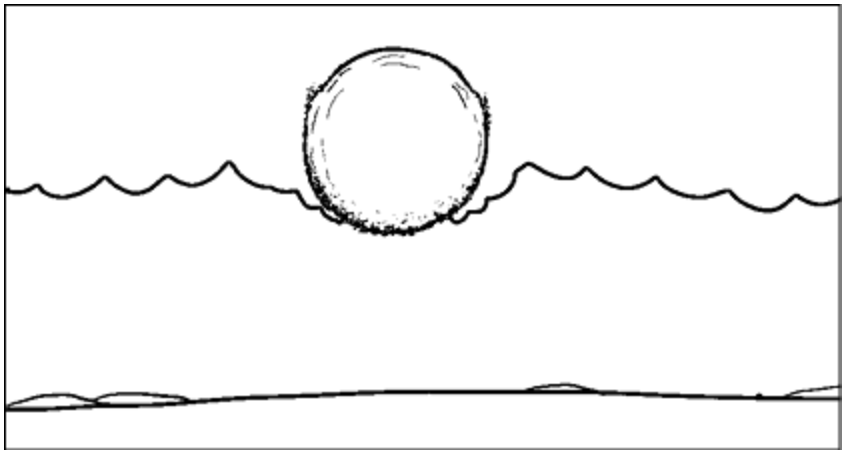
W naszej burzy cała ta woda skrapla się natomiast w jedną olbrzymią kroplę, kulę wody o średnicy ponad kilometra. Zakładamy, że tworzy się ona kilka kilometrów nad ziemią, ponieważ to tam skrapla się większość deszczów.



Kropla zaczyna spadać.

Przez pięć do sześciu sekund nic jeszcze nie widać. Następnie podstawa chmury zaczyna się wybrzuszać ku dołowi. Przez chwilę wygląda to tak,

jakby formowała się chmura lejkowa. Następnie wybrzuszenie się rozszerza, a po 10 sekundach kropla wyłania się z chmury.



Kropla spada teraz z prędkością 90 metrów na sekundę (ponad 320 kilometrów na godzinę). Huczący wiatr rozbija jej powierzchnię i tworzy mgłę wodną. Gdy powietrze zamienia się w ciecz, na powierzchni czołowej kropli powstaje piana. Jeśli spadanie trwa wystarczająco długo, siły działające na kroplę stopniowo ją rozpraszają i zamieniają w deszcz.

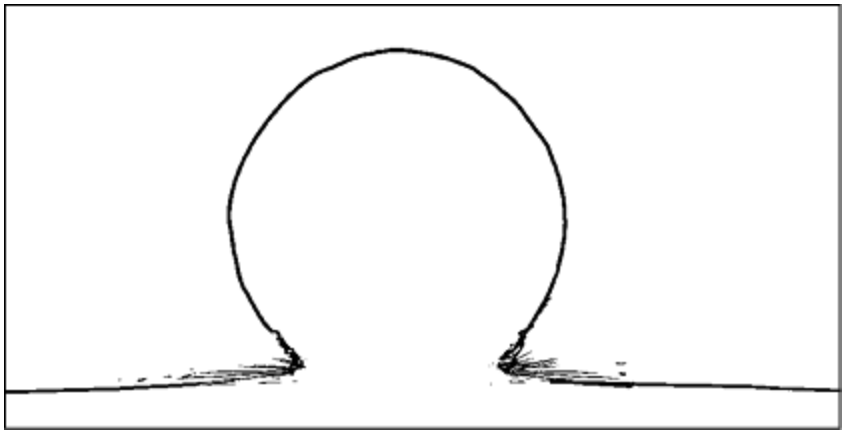
Zanim się to stanie, po jakichś 20 sekundach od utworzenia się kropli jej krawędź uderza o ziemię. Woda porusza się w tym momencie z prędkością 200 metrów na sekundę (720 kilometrów na godzinę). Powietrze znajdujące się bezpośrednio pod punktem uderzenia nie jest w stanie usunąć się wystarczająco szybko i w wyniku sprężania podgrzewane jest w takim tempie, że trawa zajęłaby się ogniem, gdyby tylko miała na to czas.

Na szczęście dla trawy tak wysoka temperatura panuje tylko przez kilka milisekund, ponieważ ziemia zostaje zalana bardzo dużą ilością zimnej wody. Niestety dla trawy ta zimna woda porusza się z prędkością wynoszącą ponad połowę prędkości dźwięku.

Gdybyśmy szybowali w centrum tej kuli, do tego momentu nie odczulibyśmy niczego niezwykłego. Byłoby tam bardzo ciemno, ale gdybyśmy mieli dość czasu (oraz wystarczającą pojemność płuc), żeby przepłynąć kilkaset metrów do krawędzi kropli, udałoby nam się dostrzec przyćmioną poświatę światła dziennego.

Po zbliżeniu się kropli do powierzchni ziemi zwiększający się opór powietrza doprowadziłby do wzrostu ciśnienia w takim stopniu, że pękłyby nam bębenki w uszach. Jednak już kilka sekund później zostalibyśmy zmiażdżeni – fala uderzeniowa na krótko wytworzyłaby ciśnienie wyższe od tego, jakie panuje na dnie Rowu Mariańskiego.

Zobaczmy, co dzieje się dalej. Woda próbuje wdzierać się w głąb ziemi, ale podłoże skalne się nie poddaje. Woda zmuszona jest rozlewać się we wszystkich kierunkach strumieniami o ponaddźwiękowej prędkości, które niszczą wszystko, co napotkają na swojej drodze.



Ściana wody przemieszcza się kilometr po kilometrze, rozłupując drzewa, burząc domy i przykrywając wszystko warstwą ziemi. Dom, ganek i siedzący na nim weterani natychmiast zostają unicestwieni. W promieniu kilku kilometrów wszystko zostaje całkowicie wypłukane, a na podłożu skalnym gromadzi się warstwa błota. Rozbryzg wodny rozlewa się dalej i niszczy wszystkie konstrukcje w promieniu 20 lub 30 kilometrów. Znajdujące się w tak dużej odległości obszary osłonięte górami lub grzbietami górskimi są już bezpieczne, a woda zaczyna płynąć naturalnymi dolinami i drogami wodnymi.

Tereny leżące jeszcze dalej nie odczuwają zbytnio efektów tej burzy, chociaż na obszarach leżących wzdłuż cieków wodnych kilka godzin po uderzeniu kropli o ziemię występują gwałtowne powodzie.

W mediach powoli zaczynają się pojawiać informacje o niewytłumaczalnym zjawisku. Dominują wszechobecny szok i zdziwienie, a przez jakiś czas każda nowa chmura pojawiająca się na niebie wywołuje masową panikę. Ponieważ wszyscy boją się obfitych opadów deszczu, na Ziemi niepodzielnie rządzi strach, mijają jednak lata i nic nie zwiastuje powtórnej katastrofy.

Specjaliści od zjawisk atmosferycznych przez lata próbują ustalić, co się stało, ale nie znajdują żadnej odpowiedzi. W końcu poddają się, a niewyjaśniony fenomen meteorologiczny zostaje nazwany po prostu „burzą dubstepową”, ponieważ – jak to ujmuje jeden z naukowców – „to było okropne uderzenie”.

Zgadywanie odpowiedzi w teście SAT

Co by się stało, gdyby każdy uczeń zgadywał odpowiedzi na wszystkie pytania w teście SAT? Ile egzaminów zostałoby dzięki temu zdanych bezbłędnie?

ROB BALDER

ŻADEN.

SAT jest standaryzowanym testem dla uczniów szkół średnich w USA. Jest on oceniany w taki sposób, że w niektórych przypadkach zgadywanie odpowiedzi byłoby dobrą strategią. Jednak co by się stało, gdybyśmy próbowali **odgadnąć** wszystkie odpowiedzi?

Tylko część egzaminu SAT składa się z pytań zamkniętych, ale my dla ułatwienia skoncentrujemy się wyłącznie na nich. Zakładamy, że wszyscy uczniowie napisali esej i prawidłowo wykonali obliczenia matematyczne.

Ta część egzaminu SAT w roku 2014 zawierała 44 pytania w sekcji matematycznej (liczbowej), 67 pytań w sekcji czytania ze zrozumieniem i 47 pytań w nowej [184] sekcji pisania. Do każdego pytania uczeń dostaje

pięć odpowiedzi do wyboru, czyli zgadywanie daje 20-procentową szansę trafienia poprawnej odpowiedzi.

Prawdopodobieństwo odgadnięcia poprawnych odpowiedzi na wszystkie 158 pytań wynosi:

$$\frac{1}{5^{44}} \times \frac{1}{5^{67}} \times \frac{1}{5^{47}} \approx \frac{1}{2{,}7 \times 10^{110}}$$

Czyli jeden do 270 oktodecylionów.

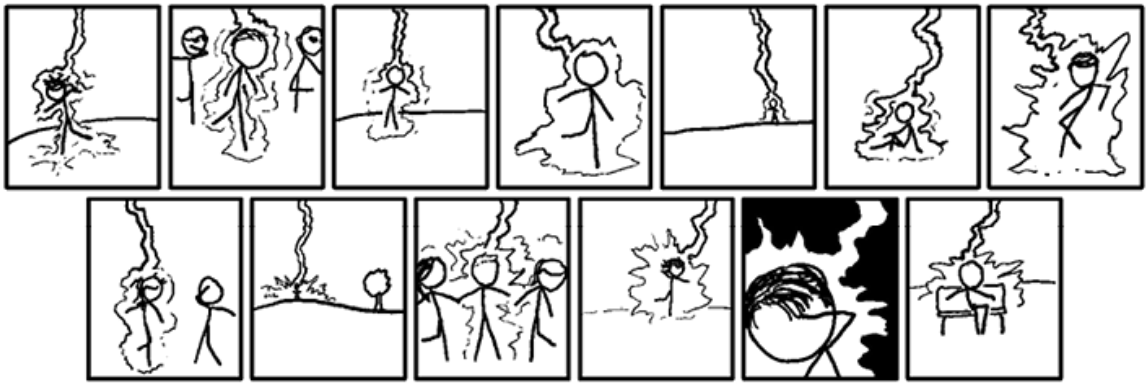
Gdyby wszyscy 17-latkowie, a jest ich 4 miliony, przystąpili do egzaminu i wszyscy zgadywali odpowiedzi, jest praktycznie pewne, że w żadnej z trzech sekcji nie byłoby bezbłędnych odpowiedzi.

Na ile jest to pewne? Gdyby każdy z uczniów za pomocą komputera zdawał test milion razy dziennie przez 5 miliardów lat – do czasu, aż Słońce przeobraziłoby się w czerwonego olbrzyma i spaliło Ziemię na popiół – szansa na to, że któryś z nich odgadłby wszystkie poprawne odpowiedzi, wynosiłaby około 0,0001 procent.

Na ile jest to nieprawdopodobne? Każdego roku mniej więcej 500 Amerykanów zostaje trafionych piorunem (rocznie zdarza się około 45 przypadków śmiertelnych, przy współczynniku śmiertelności wynoszącym 9–10 procent). Z tego wynika, że prawdopodobieństwo trafienia mieszkańca USA przez piorun wynosi w danym roku mniej więcej 1 do 700 tysięcy [185].

Oznacza to, że prawdopodobieństwo bezbłędnego rozwiązania testu SAT poprzez zgadywanie odpowiedzi jest mniejsze niż prawdopodobieństwo, że

wszyscy żyjący jeszcze byli prezydenci USA i cała główna obsada serialu *Firefly* zostaną niezależnie od siebie rażeni piorunem… tego samego dnia.



Wszystkim zdającym w tym roku egzamin SAT życzę szczęścia – ale ono samo nie wystarczy.

Pocisk neutronowy

Czy gdyby pocisk o gęstości gwiazdy neutronowej został wystrzelony z broni ręcznej (pomińmy, w jaki sposób) w powierzchnię Ziemi, zostałaby ona zniszczona?

CHARLOTTE AINSWORTH

POCISK O gęstości gwiazdy neutronowej ważyłby tyle co Empire State Building.

Niezależnie od tego, czybyśmy go wystrzelili, czy też nie, spadłby od razu i przebił skorupę Ziemi, zupełnie jakby skały były wilgotnymi chusteczkami higienicznymi.

Rozważymy w tym rozdziale dwie zupełnie różne kwestie:

- Co stałoby się z Ziemią po przejściu przez nią takiego pocisku?
- Gdyby udało nam się utrzymać pocisk na powierzchni Ziemi, co stałoby się z okolicą, w której by się znajdował? Czy moglibyśmy go dotknąć?

Na początek parę słów wprowadzenia.

Co to są gwiazdy neutronowe?

Gwiazda neutronowa jest tym, co pozostaje po zapadnięciu się gwiazdy olbrzyma pod wpływem własnej grawitacji.

Gwiazdy pozostają w równowadze. Ich ogromna grawitacja nieustannie stara się doprowadzić do ich zapadnięcia, ale ściskanie materii uruchamia kilka różnych sił, które na powrót rozpychają gwiazdę.

Zapadnięciu się Słońca przeciwdziała ciepło pochodzące z syntezy jądrowej. Gdy gwieździe zabraknie paliwa do dalszej syntezy, zaczyna się kurczyć (w skomplikowanym procesie, obejmującym kilka eksplozji) aż do momentu, gdy jej zapadanie się zostanie zatrzymane przez prawa fizyki kwantowej, które nie pozwalają jednej materii nakładać się na inną materię [186].

Jeśli gwiazda jest wystarczająco ciężka, przezwycięża ciśnienie kwantowe i dalej się zapada (czemu towarzyszy kolejna, potężniejsza eksplozja), a w końcu przeobraża się w gwiazdę neutronową. A jeśli gwiazda jest naprawdę bardzo masywna, powstaje z niej czarna dziura [187].

Gwiazdy neutronowe są jednymi z cięższych znanych nam obiektów (poza czarnymi dziurami, które mają nieskończenie dużą gęstość). Są one zgniatane przez własną olbrzymią grawitację dopóty, dopóki nie staną się

gęstą kwantowo-mechaniczną zupą, do pewnego stopnia przypominającą jądra atomowe o rozmiarach góry.

Czy nasza kula zrobiona jest z gwiazdy neutronowej?

Nie. Charlotte pytała o pocisk o **gęstości** gwiazdy neutronowej, a nie wykonany z tej samej materii co gwiazda. To dobrze, ponieważ akurat z niej pocisku nie da się zrobić. Gdybyśmy wydobyli taką materię z wnętrza zgniatającej ją studni grawitacyjnej, gdzie normalnie się znajduje, rozszerzyłaby się ona i stała zwykłą, bardzo gorącą materią o większej ilości energii, niż ma jakakolwiek broń jądrowa.

Prawdopodobnie dlatego Charlotte zaproponowała wykonanie naszego pocisku z jakiejś magicznej, stabilnej substancji o **gęstości** gwiazdy neutronowej.

Co stałoby się z Ziemią po przejściu przez nią takiego pocisku?

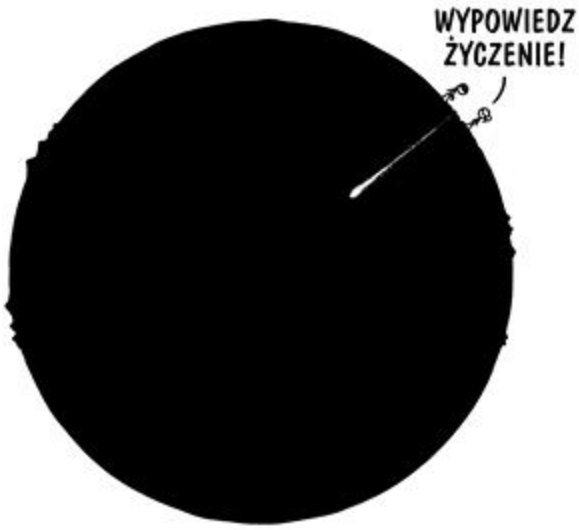
Można sobie wyobrazić wystrzelenie go z pistoletu [188], ale ciekawsze mogłoby być po prostu upuszczenie go. W obu przypadkach pocisk spadałby coraz szybciej, dziurawiąc powierzchnię Ziemi i przedzierając się do środka naszej planety.

Ziemia nie zostałaby zniszczona, ale zaczęłyby się dziać różne dość dziwne rzeczy.

Kiedy pocisk byłby kilkadziesiąt centymetrów nad ziemią, siła grawitacji wyrwałaby w górę ogromny kawał gleby, który rozproszyłby się wokół pocisku. W momencie wejścia pocisku w ziemię poczulibyśmy

wstrząs, a w miejscu tym powstałby nieregularny, popękany krater bez otworu wlotowego.

Pocisk spadałby pionowo, przebijając skorupę Ziemi. Wstrząsy odczuwalne na powierzchni naszej planety szybko by ustały. Jednak głęboko pod nią spadający pocisk miażdżyłby napotkany na swojej drodze płaszcz Ziemi i zamieniał go w parę. Potężne fale uderzeniowe niszczyłyby wszystko na jego drodze, a za pociskiem ciągnąłby się ogon bardzo gorącej plazmy. Byłoby to wydarzenie niespotykane w całej historii Wszechświata: podziemna spadająca gwiazda.



W końcu pocisk zatrzymałby się w niklowo-żelaznym jądrze Ziemi. Energia dostarczona w ten sposób naszej planecie byłaby w ludzkiej skali ogromna, ale Ziemia ledwo by to odczuła. Pole grawitacyjne pocisku miałoby wpływ tylko na skały znajdujące się w promieniu kilkudziesięciu metrów od niego. Pocisk byłby na tyle ciężki, aby przebić skorupę naszej planety, ale jego pole grawitacyjne byłoby zbyt słabe, żeby spowodować duże zniszczenia skał.

Otwór wlotowy zamknąłby się za pociskiem, pozostawiając go na zawsze poza naszym zasięgiem [189]. W końcu Ziemia zostałaby pochłonięta

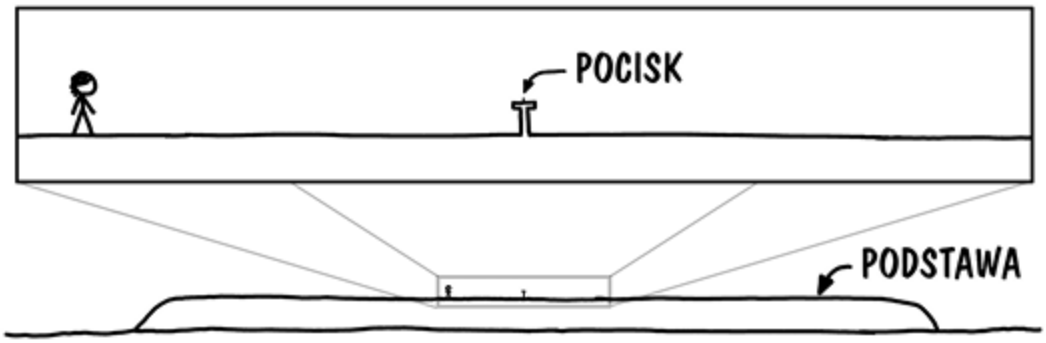
przez starzejące się, pęczniejące Słońce, a pocisk zakończyłby swój lot w jego rdzeniu.

Słońce nie ma wystarczająco dużej gęstości, żeby przeobrazić się w gwiazdę neutronową. Po połknięciu naszej planety przechodziłoby ono przez fazy rozszerzania się i zapadania, aż wreszcie uspokoiłoby się, stając się małym, białym karłem z pociskiem nadal tkwiącym w samym środku. Pewnego dnia w odległej przyszłości – kiedy Wszechświat byłby tysiąc razy starszy niż obecnie – biały karzeł ostygłby i zgasł.

To jest odpowiedź na pytanie, co stałoby się z pociskiem wystrzelonym w Ziemię. Jednak co by się zdarzyło, gdybyśmy mogli go utrzymać blisko jej powierzchni?

Umieśćmy pocisk na solidnej podstawie

Po pierwsze, potrzebowalibyśmy magicznej, nieskończenie wytrzymałej podstawki, stojącej na równie wytrzymałej, odpowiednio dużej podstawie – takiej, na której mógłby się rozłożyć cały ciężar pocisku. W przeciwnym razie nasza konstrukcja zapadłaby się pod ziemię.



Podstawa o rozmiarach bloku mieszkalnego byłaby w stanie utrzymać pocisk przynajmniej przez kilka dni, a prawdopodobnie dużo dłużej. W końcu Empire State Building waży więcej niż nasz pocisk, a spoczywa

na podobnej platformie dłużej niż kilka dni[potrzebne źródło] i jeszcze nie znika pod ziemią[potrzebne źródło].

Pocisk nie pochłonąłby atmosfery. Z pewnością sprężyłby otaczające go powietrze i trochę je podgrzał, ale – o dziwo – w stopniu właściwie niezauważalnym.

Czy możemy dotknąć pocisku?

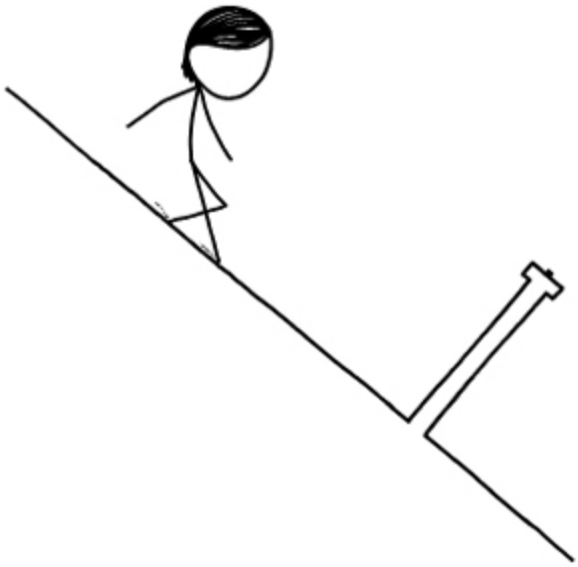
Wyobraźmy sobie, co by się stało, gdybyśmy spróbowali to zrobić.

Pole grawitacyjne pochodzące od takiego przedmiotu jest silne, ale nie aż **tak** silne.

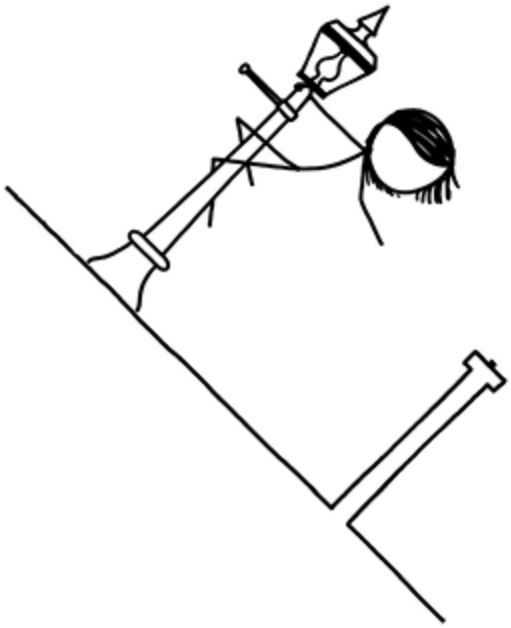
Załóżmy, że stoimy w odległości 10 metrów od pocisku. Ciągnęłoby nas wtedy bardzo delikatnie w kierunku podstawy. Nasz mózg, nieprzyzwyczajony do niejednorodnego pola grawitacyjnego, uznałby, że stoimy na łagodnym zboczu.

Nie zakładajcie rolek.

W miarę jak zbliżalibyśmy się do podstawy, to wyimaginowane wzniesienie stawałoby się coraz bardziej strome, jakby przechylało się do przodu.



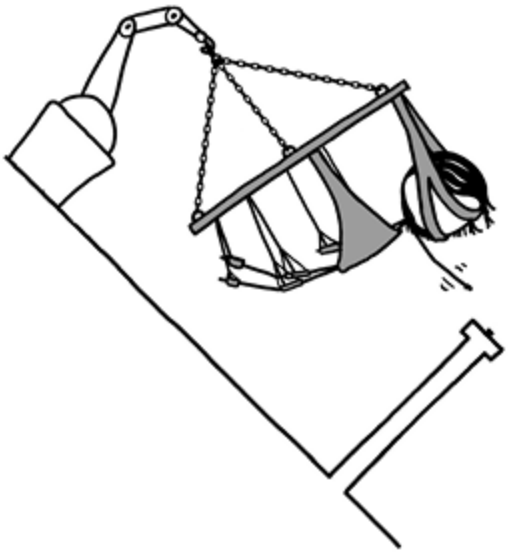
Kiedy bylibyśmy w odległości kilku metrów, ciężko byłoby nam się nie ześlizgnąć. Jeśli jednak znaleźlibyśmy jakiś dobry uchwyt – rączkę albo znak drogowy – mogłoby się nam udać.



Fizycy z Los Alamos mogliby to nazwać igraniem z ogniem.

Ale ja chcę tego dotknąć!

Jeśli chcielibyśmy znaleźć się na tyle blisko pocisku, aby go dotknąć, potrzebowalibyśmy **bardzo** solidnego uchwytu. Właściwie musielibyśmy to robić w pełnej uprzęży lub w ostateczności w kołnierzu ortopedycznym; nasza głowa ważyłaby wtedy tyle co małe dziecko, a krew nie wiedziałaby, w którą stronę płynąć. Jednak przyzwyczajony do przeciążeń pilot myśliwców mógłby tego dokonać.



Gdybyśmy byli w ten sposób nachyleni, krew napływałaby nam do głowy, ale wciąż moglibyśmy oddychać.

W miarę jak wyciągalibyśmy ramiona, przyciąganie stawałoby się **coraz** większe; 20 centymetrów od pocisku to punkt, spoza którego nie ma odwrotu – po przekroczeniu tej granicy przez czubki naszych palców ramiona staną się zbyt ciężkie, abyśmy mogli je z powrotem przyciągnąć do ciała. (Jeśli często podciągamy się na jednej ręce, moglibyśmy zbliżyć się trochę bardziej).

W odległości kilku centymetrów od pocisku siła działająca na nasze palce byłaby tak ogromna, że zostałyby one pociągnięte do przodu – z naszym udziałem lub bez niego – a ich czubki dotknęłyby pocisku (prawdopodobnie nasze palce i ramiona zostałyby przy tej okazji zwichnięte). Gdyby czubek naszego palca dotknął pocisku, ciśnienie na niego działające byłoby tak duże, że krew przebiłaby skórę.

W serialu *Firefly* z ust River Tam pada słynne stwierdzenie, że „ludzkie ciało może być pozbawione krwi w czasie 8,6 sekundy za pomocą odpowiedniego systemu odsysającego". Gdybyśmy dotknęli pocisku, stworzylibyśmy właśnie taki system. Nasze ciało byłoby nadal utrzymywane przez pełną uprząż, a ręce nadal byłyby z nim połączone – ciało człowieka jest zaskakująco mocne – ale krew wylewałaby się z czubka palca znacznie szybciej niż w normalnych okolicznościach. Czas „8,6 sekundy" określony przez River może być zbyt ostrożnym szacunkiem.

Teraz zaczęłyby się dziać dziwne rzeczy.

Krew otoczyłaby pocisk ciemną, czerwoną kulą, której powierzchnia szumiałaby i wibrowała, falując tak szybko, że nie bylibyśmy w stanie tego dostrzec.

Ale moment…

Jest jeszcze jedna rzecz, która teraz nabiera znaczenia: nasze **unoszenie się** we krwi.

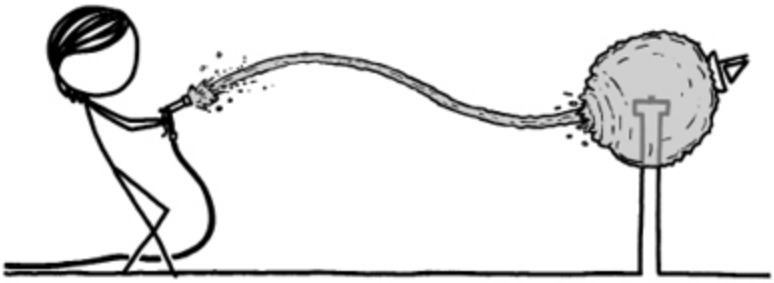
W miarę powiększania się kuli krwi zmniejszałaby się siła działająca na nasze ramię… ponieważ nasze palce byłyby w niej częściowo zanurzone i swobodnie by się unosiły! Krew jest gęstsza niż ciało, a połowa obciążenia wywieranego na naszą rękę pochodziła z dwóch ostatnich knykci. Kiedy promień kuli z krwi miałby kilka centymetrów, obciążenie to stałoby się znacznie mniejsze.

Gdybyśmy poczekali do momentu, w którym kula krwi będzie miała promień 20 centymetrów – przy założeniu, że nasze ramię pozostałoby nienaruszone – bylibyśmy w stanie wyciągnąć z niej rękę. Pojawia się jednak pewien problem: potrzebowalibyśmy pięć razy więcej krwi, niż jest w ciele człowieka. Wygląda na to, że nie dalibyśmy rady.

Cofnijmy się w czasie.

Jak dotknąć pocisku neutronowego za pomocą soli, wody i wódki

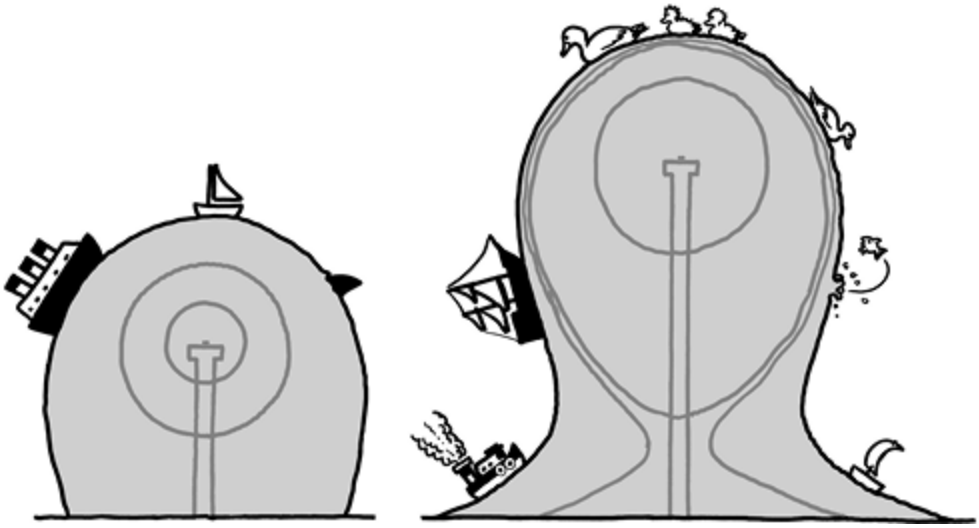
Możemy dotknąć naszego pocisku i przeżyć… ale musimy zanurzyć go w wodzie.



Spróbujcie ZROBIĆ TO NAPRAWDĘ w domu i wyślijcie mi nagrania.

Jeśli chcemy być naprawdę sprytni, możemy zanurzyć koniec gumowego węża w wodzie i pozwolić grawitacji pocisku, by wykonała za nas pompowanie.

Jeśli chcemy dotknąć pocisku, lejemy wodę na podstawę, aż po obu stronach pocisku będzie jej po dwa metry. Woda przybierze wówczas taki kształt:



Jeśli te łodzie utoną, nie ratujcie rozbitków.

A teraz zanurzamy w niej głowę oraz rękę.

Dzięki wodzie jesteśmy w stanie poruszać dłonią wokół pocisku bez żadnych problemów! Pocisk przyciąga nas do siebie, ale z taką samą siłą przyciąga również wodę. Woda (podobnie jak mięso) jest praktycznie nieściskalna nawet pod takim ciśnieniem, a więc żaden ważny organ nie zostanie zmiażdżony [190].

Możemy jednak nie być w stanie dotknąć pocisku. Kiedy nasze palce znajdą się kilka milimetrów od niego, przy tak silnym polu grawitacyjnym wypór hydrostatyczny będzie miał ogromne znaczenie. Jeśli gęstość naszej ręki będzie nieznacznie mniejsza od gęstości wody, nie zdołamy pokonać ostatniego milimetra. Jeśli zaś jej gęstość będzie nieco większa, ręka zostanie wessana w głąb.

I tu pojawiają się wódka oraz sól. Jeśli poczujemy, że pocisk przyciąga czubki naszych palców, to znaczy, że woda nie chroni ich w wystarczający sposób. W takiej sytuacji dodajmy do wody trochę soli, żeby zwiększyć jej gęstość. Jeśli natomiast poczujemy, że czubki naszych palców ślizgają się

po niewidocznej powierzchni przy krawędzi pocisku, dodajmy wódki, żeby zmniejszyć gęstość wody.

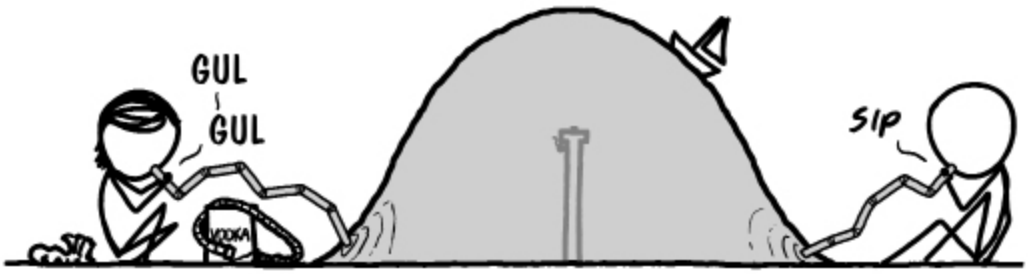
Gdyby udało nam się osiągnąć równowagę, moglibyśmy dotknąć pocisku i przeżyć, aby opowiedzieć o tym innym.

Być może.

Rozwiązanie alternatywne

Wydaje się to zbyt ryzykowne? Nie ma problemu. Cały ten scenariusz – z pociskiem, wodą, solą i wódką – robi się dwa razy bardziej niebezpieczny, gdy wykonamy instrukcje zawarte w przepisie na najtrudniejszy do zmiksowania napój w historii: **Gwiazdę Neutronową.**

Weźmy więc słomkę i wypijmy.



… tylko pamiętajcie: jeśli ktoś wrzuci do waszej Gwiazdy Neutronowej wiśnię, która spadnie na dno, nie próbujcie jej wyławiać. Jest bezpowrotnie stracona.

Dziwne (i niepokojące) pytania z What if? Skrzynka odbiorcza nr 12

Co by się stało, gdybyśmy połknęli kleszcza, który ma boreliozę? Czy kwasy żołądkowe zniszczyłyby go, czy też zarazilibyśmy się w ten sposób chorobą?

Christopher Vogel

ABY NIC NAM NIE GROZIŁO, POWINNIŚMY POŁKNĄĆ COŚ, CO ZABIJE KLESZCZA,
NA PRZYKŁAD SOLENOPSIS GERMINATA (TROPIKALNĄ MRÓWKĘ OGNISTĄ).
NASTĘPNIE, ABY ZABIĆ MRÓWKĘ, TRZEBA POŁKNĄĆ MUCHĘ PSEUDACTEON CURVATUS.
A POŹNIEJ ZNALEŹĆ PAJĄKA...

Jeśli założymy, że samolot pasażerski ma relatywnie niezmienną częstotliwość rezonansu, ile miauczących kotów i jakiej częstotliwości rezonansu potrzebowalibyśmy, żeby „sprowadzić samolot na ziemię”?

Brittany

HALO, FEDERALNA ADMINISTRACJA LOTNICTWA?
CZY BRITTANY JEST NA LIŚCIE PASAŻERÓW,
KTÓRZY MAJĄ ZAKAZ WSTĘPU NA POKŁAD SAMOLOTU?
...TAK, Z KOTAMI. ZGADZA SIĘ, TO ONA.
OKEJ, UPEWNIAM SIĘ TYLKO, ŻE O TYM WIEDZIELIŚCIE.

15 w skali Richtera

Co by się stało, gdyby w USA, na przykład w Nowym Jorku, miało miejsce trzęsienie ziemi o sile 15 stopni w skali Richtera? A gdyby miało 20 stopni w skali Richtera? Albo 25 stopni?

ALEC FARID

SKALA RICHTERA, formalnie zastąpiona przez magnitudę [191], określa energię wyzwoloną w czasie trzęsienia ziemi. Jest to skala otwarta, ale ponieważ zwykle słyszymy o trzęsieniach ziemi o sile od 3 do 9, wielu ludzi prawdopodobnie uważa, że 10 jest maksymalną, a 1 minimalną wartością tej skali.

W rzeczywistości 10 **nie** kończy skali, ale równie dobrze mogłoby tak być. Już trzęsienie ziemi o magnitudzie 9 zauważalnie zmienia rotację Ziemi. Dwa trzęsienia ziemi o magnitudzie większej niż 9, które zdarzyły się w tym stuleciu, zmieniły długość dnia o niewielki ułamek sekundy.

Podczas trzęsienia ziemi o magnitudzie 15 wyzwoliłaby się energia prawie 10^{32} dżuli, czyli w przybliżeniu równa energii wiązania grawitacyjnego naszej planety. Innymi słowy, Gwiazda Śmierci wywołała na Alderaanie trzęsienie ziemi o magnitudzie 15.

SŁUŻBY GEOLOGICZNE NA ALDERAANIE POTWIERDZIŁY, ŻE TRZĘSIENIE ZIEMI O MAGNITUDZIE 15 ZMIENIŁO WSZYSTKIE SEJSMOGRAFY W ROZSZERZAJĄCĄ SIĘ PARĘ.
NA ŻYWO

Teoretycznie na naszej planecie mogłoby się zdarzyć jeszcze silniejsze trzęsienie ziemi, ale w praktyce oznaczałoby to tylko, że rozszerzająca się chmura odłamków skalnych byłaby jeszcze bardziej gorąca.

Słońce, które ma większą energię wiązania grawitacyjnego, wytrzymałoby trzęsienie o magnitudzie 20 (chociaż z pewnością takie trzęsienie spowodowałoby powstanie jakiejś odmiany katastroficznej gwiazdy nowej). Najpotężniejsze trzęsienia w znanym nam Wszechświecie występują na bardzo ciężkich gwiazdach neutronowych i mają mniej więcej taką magnitudę. Przy tej okazji wydziela się energia tak duża, jaką otrzymalibyśmy po zdetonowaniu jednocześnie bomb wodorowych o łącznej objętości równej całej naszej planecie.

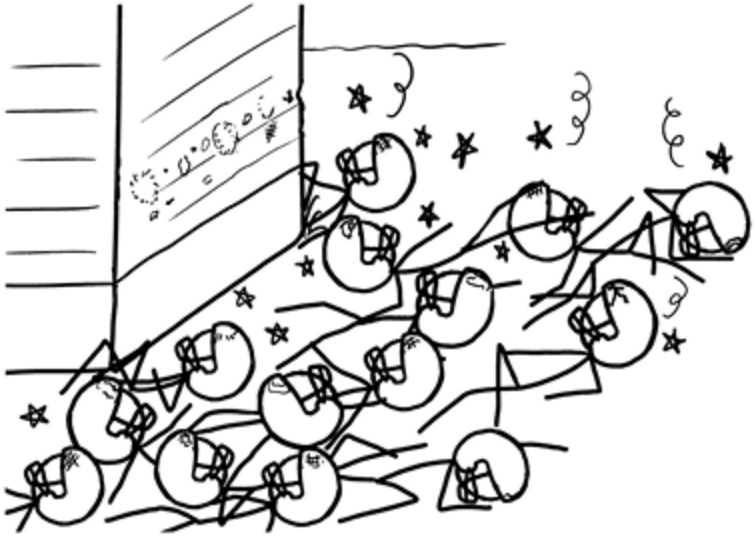
Poświęciliśmy mnóstwo czasu na dyskusje o rzeczach i zjawiskach, które są wielkie i gwałtowne. A co z **dolną** częścią skali? Czy istnieje coś takiego jak trzęsienie ziemi o magnitudzie 0?

Tak! W rzeczywistości skala schodzi w dół i **przechodzi** przez zero. Przyjrzyjmy się niektórym trzęsieniom ziemi o niskiej magnitudzie i temu, co by się działo w takich sytuacjach z naszym domem.

Magnituda 0

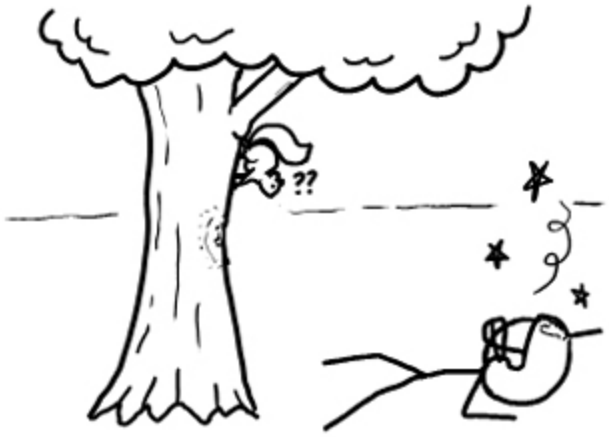
Dallas Cowboys zderzający się z pełnym impetem z boczną ścianą garażu naszego sąsiada.

Magnituda –1



Zawodnik futbolu amerykańskiego wpadający na drzewo w naszym ogrodzie.

Magnituda –2



Kot spadający z komody.

Magnituda –3

Kot zrzucający telefon komórkowy z nocnej szafki.

Magnituda –4

Grosz spadający z psa.

Magnituda –5

Wciśnięcie klawisza na klawiaturze IBM-a model M.

Magnituda –6

Wciśnięcie klawisza na lekkiej klawiaturze.

Magnituda –7

Piórko spadające na ziemię.

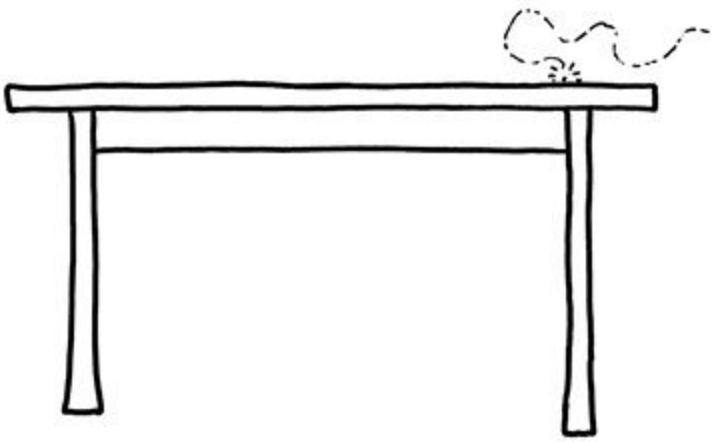
Magnituda –8

Ziarenko drobnego piasku spadające na kupkę piasku w małej klepsydrze…

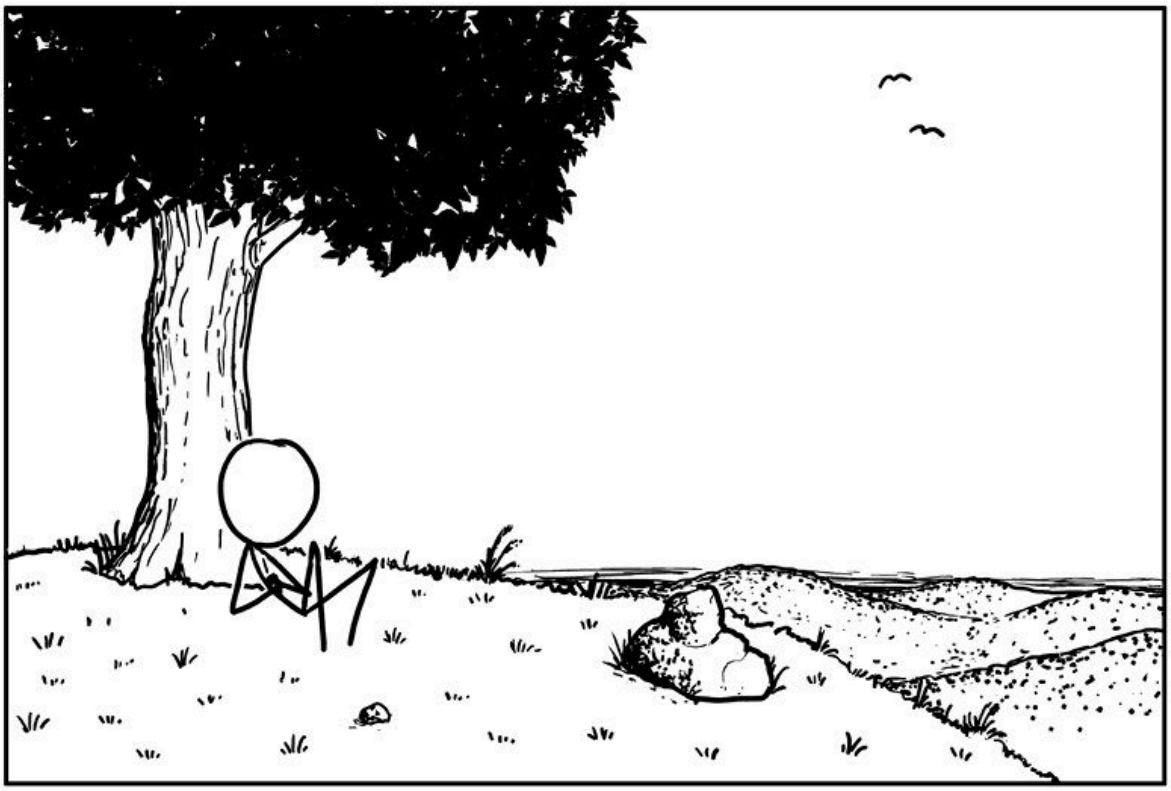
…i staczające się na samo jej dno.

Magnituda –15

Szybująca drobinka pyłu, która osiada na stole.



Czasami miło jest dla odmiany **nie** niszczyć świata.



Podziękowania

W pisaniu książki, którą trzymacie w ręku, pomagało mi wiele osób.

Dziękuję mojemu wydawcy, Courtneyowi Youngowi, za to, że od samego początku był czytelnikiem xkcd i do samego końca sprawdzał moją książkę. Dziękuję wszystkim wspaniałym ludziom z HMH, którzy pomagali mi w pracy. Dziękuję Sethowi Fishmanowi i ludziom z Gernert za to, że byli tacy cierpliwi i niezmordowani.

Dziękuję Christinie Gleason za doprowadzenie do tego, że moja praca wygląda jak książka, szczególnie że wiązało się to z rozszyfrowywaniem o trzeciej w nocy moich odręcznych zapisków o asteroidach. Dziękuję licznym ekspertom, którzy pomagali mi znaleźć odpowiedzi na pytania, w tym Reuvenowi Lazarusowi oraz Ellen McManis (promieniowanie), Alice Kaanta (geny), Derekowi Lowe (substancje chemiczne), Nicole Gugliucci (teleskopy), Ianowi Mackayowi (wirusy) i Sarah Gillespie (pociski). Dziękuję davean, która umożliwiła mi realizację tego projektu i która nie znosi zainteresowania swoją osobą; prawdopodobnie będzie narzekać, że o niej wspomniałem.

Dziękuję ludziom z IRC-a za ich komentarze i poprawki oraz Finnowi, Ellen, Adzie i Ricky’emu za dokładne sprawdzanie ogromnej ilości nadsyłanych pytań i eliminowanie tych związanych z Goku. Dziękuję Goku za to, że jest postacią animé posiadającą ewidentnie nieskończoną siłę, która wywoływała setki pytań adresowanych do What if?, mimo że

z uporem odmawiałem obejrzenia *Dragon Ball Z*, aby znaleźć na nie odpowiedzi.

Dziękuję mojej rodzinie, która przez wiele lat cierpliwie odpowiadała na moje absurdalne pytania, za nauczenie mnie, jak na nie odpowiadać. Dziękuję mojemu ojcu za lekcje o pomiarach, a mamie za lekcje o wykrojach. I dziękuję mojej żonie za to, że nauczyła mnie, jak być twardym i dzielnym, oraz za lekcje o ptakach.

Bibliografia

Globalna wichura

Timothy M. Merlis, Tapio Schneider, *Atmospheric dynamics of Earth-like tidally locked aquaplanets*, „Journal of Advances in Modeling Earth Systems 2", grudzień 2010; DOI: 10.3894/JAMES.2010.2.13, *http://arxiv.org/abs/1001.5117*

What Happens Underwater During a Hurricane?, *http://www.rsmas.miami.edu/blog/2012/10/22/what-happens-underwater-during-a-hurricane*

Basen z wypalonym paliwem

A.B. Jonhson jr, *Behavior of spent nuclear fuel in water pool storage*, *http://www.osti.gov/energycitations/servlets/purl/7284014-xaMii9/7284014.pdf*

Andreas Ritter, *Unplanned Exposure During Diving in the Spent Fuel Pool*, *http://www.isoe-network.net/index.php/publications-mainmenu-88/isoe-news/doc_download/1756-ritter2011ppt.html*

Wskaźnik laserowy

Patrick James, *Mapping the World's Population by Latitude, Longitude*, „Magazine GOOD", *http://www.good.is/posts/mapping-the-world-s-population-by-latitude-longitude*

http://www.wickedlasers.com/arctic

Mur okresowy pierwiastków

Acute Exposure Guideline Levels (AEGLs) for Arsenic Trioxide, tabela na s. 9 (w publikacji i PDF-ie s. 15), *http://www.epa.gov/opptintr/aegl/pubs/arsenictrioxide_p01_tsddelete.pdf*

Wszyscy skaczą

Dot Physics, What if everyone jumped?, *http://scienceblogs.com/dotphysics/2010/08/26/what-if-everyone-jumped/*

The Straight Dope, If everyone in China jumped off chairs at once, would the earth be thrown out of its orbit?, *http://www.straightdope.com/columns/read/142/if-all-chinese-jumped-at-once-would-cataclysm-result*

Mol kretów

Phil Plait, *How many habitable planets are there in the galaxy?*, „Disover", *http://blogs.discovermagazine.com/badastronomy/2010/10/29/how-many-habitable-planets-are-there-in-the-galaxy*

Suszarka do włosów

Howard Mitschke, George More, *Determination of Skin Burn Temperature Limits for Insulative Coatings Used for Personnel Protection*, *http://www.mascoat.com/assets/files/Insulative_Coating_Evaluation_NACE.pdf*
The Nuclear Potato Cannon Part 2, *http://nfttu.blogspot.com/2006/01/nuclear-potato-cannon-part-2.html*

Ostatnie światło ludzkości

Justin Martino, *Wind Turbine Lubrication and Maintenance: Protecting Investments in Renewable Energy*, *http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2013/05/wind-turbine-lubrication-and-maintenance-protecting-investments-in-renewable-energy*
D.J. McComas, J.P. Carrico, B. Hautamaki, M. Intelisano, R. Lebois, M. Loucks, L. Policastri, M. Reno, J. Scherrer, N.A. Schwadron, M. Tapley, R. Tyler, *A new class of long–term stable lunar resonance orbits: Space weather applications and the Interstellar Boundary Explorer*, „Space Weather" 2011, t. 9, S11002, DOI: 10.1029/2011SW000704.
G.M. Swift i in, *In-flight annealing of displacement damage in GaAs LEDs: A Galileo story*, „IEEE Transactions on Nuclear Science" 2003, t. 50, nr 6.
Geothermal Binary Plant Operation and Maintenance Systems with Svartsengi Power Plant as a Case Study, *http://www.os.is/gogn/unu-gtp-report/UNU-GTP-2002-15.pdf*

Plecak odrzutowy z karabinu maszynowego

Lecture L14 – Variable Mass Systems: The Rocket Equation, *http://ocw.mit.edu/courses/aeronautics-and-astronautics/16-07-dynamics-fall-2009/lecture-notes/MIT16_07F09_Lec14.pdf*
Attack Flogger in Service, 2.4, *http://www.airvectors.net/avmig23_2.html*

Równomierne wznoszenie się

Otis, *About Elevators*, *http://www.otisworldwide.com/pdf/AboutElevators.pdf*
National Weather Service, *Wind Chill Temperature Index, http://www.crh.noaa.gov/om/windchill/Images/oax/wind-chill-brochure.pdf*
P. Tikuisis, J. Frim, *Prediction of Survival Time in Cold Air*, „Defense and Civil Institute of Environmental Medicine", 1994, s. 24, *http://cradpdf.drdc-rddc.gc.ca/PDFS/zba6/p144967.pdf*
Linda D. Pendleton, *When Humans Fly High: What Pilots Should Know About High-Altitude Physiology, Hypoxia, and Rapid Decompression*, *http://www.avweb.com/news/aeromed/181893-1.html*

Rozdział krótkich odpowiedzi

Currency in Circulation: Volume, *http://www.federalreserve.gov/paymentsystems/coin_currcircvolume.htm*
Chris Landsea, *Why don't we try to destroy tropical cyclones by nuking them?*, *http://www.aoml.noaa.gov/hrd/tcfaq/C5c.html*
NASA, *Stagnation Temperature*, *http://www.grc.nasa.gov/WWW/BGH/stagtmp.html*

Pioruny

Lightning Captured @ 7,207 Fps, *http://www.youtube.com/watch?v=BxQt8ivUGWQ*
Joe Dwyer, *Lightning: Expert Q&A*, NOVA, *http://www.pbs.org/wgbh/nova/earth/dwyer-lightning.html*
JGR, *Computation of the diameter of a lightning return stroke*, *http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/JB073i006p01889/abstract*

Ludzki komputer

Gordon E. Moore, *Moore's Law at 40, http://www.ece.ucsb.edu/~strukov/ece15bSpring2011/others/MooresLawat40.pdf*

Mała planeta

Aby zapoznać się z innym ujęciem *Małego Księcia*, przeczytajcie ostatnią część wspaniałego artykułu Mallory Ortberg na stronie: *http://the-toast.net/2013/08/02/texts-from-peter-pan-et-al/*

Radu D. Rugescu, Daniele Mortari, *Ultra Long Orbital Tethers Behave Highly Non-Keplerian and Unstable*, „WSEAS Transactions on Mathematics", marzec 2008, t. 7, nr 3, s. 87–94, *http://www.academia.edu/3453325/Ultra_Long_Orbital_Tethers_Behave_Highly_Non-Keplerian_and_Unstable*

Upadek steku

Jason Martinez, *Falling Faster than the Speed of Sound, http://blog.wolfram.com/2012/10/24/falling-faster-than-the-speed-of-sound*

NASA, *Stagnation Temperature: Real Gas Effects, http://www.grc.nasa.gov/WWW/BGH/stagtmp.html*

T.F. Zien, W.C. Ragsdale, *Predictions of Aerodynamic Heating on Tactical Missile Domes, http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA073217*

Reinald G. Finke, *Calculation of Reentry-Vehicle Temperature History, http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a231552.pdf*

Timothy P. Barela, *Back in the Saddle, http://www.ejectionsite.com/insaddle/insaddle.htm*

Natalie Smith, *How to Cook Pittsburgh-Style Steaks, http://www.livestrong.com/article/436635-how-to-cook-pittsburgh-style-steaks*

Krążek hokejowy

KHL's Alexander Ryazantsev sets new 'world record' for hardest shot at 114 mph, http://sports.yahoo.com/blogs/nhl-puck-daddy/khl-alexander-ryazantsev-sets-world-record-hardest-shot-174131642.html

Superconducting Magnets for Maglifter Launch Assist Sleds, http://www.psfc.mit.edu/~radovinsky/papers/32.pdf

Two-Stage Light Gas Guns, http://www.nasa.gov/centers/wstf/laboratories/hypervelocity/gasguns.html

Hockey Video: Goalies, Hits, Goals, and Fights, http://www.youtube.com/watch?v=fWj6–Cf9QA

Zwykłe przeziębienie

P. Stride, *The St. Kilda boat cough under the microscope*, „The Journal – Royal College of Physicians of Edinburgh" 2008; nr 38 (3), s. 272–279

L. Kaiser, J.D. Aubert i in., *Chronic Rhinoviral Infection in Lung Transplant Recipients*, „American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine" 2006, t. 174; s. 1392–1399, *http://www.atsjournals.org/doi/abs/10.1164/rccm.200604-489OC#.VQGFS-FthLo*

B.G.G. Oliver, S. Lim, P. Wark, V. Laza-Stanca, N. King, J.L. Black, J.K. Burgess, M. Roth, and S.L. Johnston, *Rhinovirus Exposure Impairs Immune Responses To Bacterial Products In Human Alveolar Macrophages*, „Thorax" 2008, t. 63, nr 6, s. 519–525.

Szklanka w połowie pusta

Shatter beer bottles: Bare-handed bottle smash, http://www.youtube.com/watch?v=77gWkl0ZUC8

Astronomowie z Kosmosu

Douglas Adams, *Autostopem przez Galaktykę, http://merlin.pl/Autostopem-przez-galaktyke_Douglas-Adams/browse/product/1,408600.html*

A Failure of Serendipity: The Square Kilometre Array will struggle to eavesdrop on Human-like ETI, http://arxiv.org/abs/1007.0850

Eavesdropping on Radio Broadcasts from Galactic Civilizations with Upcoming Observatories for Redshifted 21 cm Radiation, http://arxiv.org/pdf/astro-ph/0610377v2.pdf

The Earth as a Distant Planet; A Rosetta Stone for the Search of Earth-Like Worlds, http://www.worldcat.org/title/earth-as-a-distant-planet-a-rosetta-stone-for-the-search-of-earth-like-worlds/oclc/643269627

SETI on the SKA, http://www.astrobio.net/exclusive/4847/seti-on-the-ska

Gemini Planet Imager, http://planetimager.org/

Brak DNA

Françoise Enjalbert, Sylvie Rapior, Janine Nouguier-Soulé, Sophie Guillon, Noël Amouroux, Claudine Cabot, *Treatment of Amatoxin Poisoning: 20-Year Retrospective Analysis*, „Clinical Toxicology" 2002, t. 40, nr 6, s. 715–757

Richard Eshelman, *I nearly died after eating wild mushrooms*, „The Guardian" 2010, *http://www.theguardian.com/lifeandstyle/2010/nov/13/nearly-died-eating-wild-mushrooms*

Amatoxin: A review, http://www.omicsgroup.org/journals/2165-7548/2165-7548-2-110.php?aid=5258

Międzyplanetarna cessna

The Martian Chronicles, http://www.x-plane.com/adventures/mars.html

Joel Levine, *Aerial Regional-Scale Environmental Survey of Mars, http://marsairplane.larc.nasa.gov/*

Panoramic Views and Landscape Mosaics of Titan Stitched from Huygens Raw Images, http://www.beugungsbild.de/huygens/huygens.html

Nowe obrazy Tytana, *http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Cassini-Huygens/New_images_from_Titan*

Yoda

*Saturday Morning Breakfast Cereal, http://www.smbc-comics.com/index.php?db=comics&id=2305*comic*

YouTube, *'Beethoven Virus' – Musical Tesla Coils, http://www.youtube.com/watch?v=uNJjnz-GdlE*

Beast. The 15Kw 7' tall DR (DRSSTC 5), http://www.goodchildengineering.com/tech-design-blog/drsstc-5-10kw-monster

Opadanie z użyciem helu

H. De Haven, *Mechanical analysis of survival in falls from heights of fifty to one hundred and fifty feet*, „Injury Prevention" 2000, nr 6, s. 62–68, *http://injuryprevention.bmj.com/content/6/1/62.3.long*

Armchair Airman Says Flight Fulfilled His Lifelong Dream, „New York Times", 4 lipca, 1982, *http://www.nytimes.com/1982/07/04/us/armchair-airman-says-flight-fulfilled-his-lifelong-dream.html?pagewanted=all*

Jason Martinez, *Falling Faster than the Speed of Sound*, Wolfram Blog, 24 października, 2012, *http://blog.wolfram.com/2012/10/24/falling-faster-than-the-speed-of-sound*

Wszyscy w Kosmos

George Dyson, *Project Orion: The True Story of the Atomic Spaceship*, Henry Holt and Company, New York 2002

Samozapłodnienie

Sperm Cells Created From Human Bone Marrow, *http://www.sciencedaily.com/releases/2007/04/070412211409.htm*

Karim Nayernia, Tom Strachan, Majlinda Lako, Jae Ho Lee, Xin Zhang, Alison Murdoch, John Parrington, Miodrag Stojkovic, David Elliott, Wolfgang Engel, Manyu Li, Mary Herbert, Lyle Armstrong, *RETRACTION – In Vitro Derivation of Human Sperm From Embryonic Stem Cells*, „Stem Cells and Development", lipiec 2009

Sarah Boseley, *Can sperm really be created in a laboratory?*, *http://www.theguardian.com/lifeandstyle/2009/jul/09/sperm-laboratory-men*

Temat ten jest omawiany szerzej w monografii F.M. Lancastera *Genetic and Quantitative Aspects of Genealogy* na stronie internetowej: *http://www.genetic-genealogy.co.uk/Toc115570144.html*

Rzut wzwyż

Holly Dunsworth, *A Prehistory of Throwing Things*, *http://ecodevoevo.blogspot.com/2009/10/prehistory-of-throwing-things.html*

Iain Davidson, *Chapter 9. Stone tools and the evolution of hominin and human cognition*, *http://www.academia.edu/235788/Chapter_9._Stone_tools_and_the_evolution_of_hominin_and_human_cognition*

William H. Calvin, *The unitary hypothesis: A common neural circuitry for novel manipulations, language, plan-ahead, and throwing?*, *http://www.williamcalvin.com/1990s/1993Unitary.htm*

Richard W. Young, *Evolution of the human hand: The role of throwing and clubbing*, *http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1571064*

J. Hore , S. Watts , D. Tweed, *Errors in the control of joint rotations associated with inaccuracies in overarm throws*, „Journal of Neuropsychology", marzec 1996, t. 75, nr 3, *http://jn.physiology.org/content/75/3/1013.abstract*

Speed of Nerve Impulses, *http://hypertextbook.com/facts/2002/DavidParizh.shtml*

Farthest Distance to Throw a Golf Ball, *http://recordsetter.com/world-record/world-record-for-throwing-golf-ball/7349*contentsection*

Zabójcze neutrina

Andrew P. Karam, *Gamma and Neutrino Radiation Dose from Gamma Ray Bursts and Nearby Supernovae*, „Health Physics 82" 2002, nr 4, s. 491–499.

Próg zwalniający

Sahin Aslan, Ozgur Karcioglu, Yavuz Katirci, Hayati Kandiş, Naci Ezirmik, Ozlem Bilir, *Speed bump-induced spinal column injury*, „American Journal of Emergency Medicine" 2005, nr 23, s. 563–564, *http://akademikpersonel.duzce.edu.tr/hayatikandis/sci/hayatikandis12.01.2012_08.54.59sci.pdf*

M.A. Munjin, J.J. Zamorano, B. Marré, F. Ilabaca, V. Ballesteros, C. Martínez, R. Yurac, A. Urzúa, M. Lecaros, J. Fleiderman, N. García, *Speed hump spine fractures: Injury mechanism and case series*, *http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21150664*

The 2nd American Conference on Human Vibration, „Proceedings", czerwiec 2008, *http://www.cdc.gov/niosh/mining/UserFiles/works/pdfs/2009-145.pdf*

Speed bump in Dubai + flying Gallardo, *http://www.youtube.com/watch?v=Vg79_mM2CNY*

Barry R. Parker, *Aerodynamic Design*, *The Isaac Newton School of Driving: Physics and your car*, Johns Hopkins University Press, Baltimore 2003, s. 155.

The Myth of the 200-mph "Lift-O-Speed", *http://www.buildingspeed.org/blog/2012/06/the-myth-of-the-200-mph-lift-off-speed/*

Mercedes CLR-GTR LeMans Flip, *http://www.youtube.com/watch?v=rQbgSe9S54I*

National Highway Transportation NHTSA, „Summary of State Speed Laws" 2007.

Przepustowość łącza FedEx

FedEx still faster than the internet, *http://royal.pingdom.com/2007/04/11/fedex-still-faster-than-the-internet*

Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2012–2017, *http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-481360_ns827_Networking_Solutions_White_Paper.html*

Intel® Solid-State Drive 520 Series, *http://download.intel.com/newsroom/kits/ssd/pdfs/intel_ssd_520_product_spec_325968.pdf*

Trinity test press releases (May 1945), http://blog.nuclearsecrecy.com/2011/11/10/weekly-document-01

NEC and Corning achieve petabit optical transmission, http://optics.org/news/4/1/29

Swobodne spadanie

Super Mario Bros. – Speedrun level 1-1 [370], http://www.youtube.com/watch?v=DGQGvAwqpbE

*Glide data, http://www.dropzone.com/cgi-bin/forum/gforum.cgi?post=5777*IInr*,5777* II

Carl Hoffman, *Jump. Fly. Land.*, *„Air & Space", http://www.airspacemag.com/flight-today/jump-fly-land-57152778/*

prof. dr Herrligkoffer, *The East Pillar of Nanga Parbat*, „The Alpine Journal" 1984.

Miranda Tetlow, Nicole Foote, *The Guestroom – Dr. Glenn Singleman and Heather Swan*, *http://www.abc.net.au/local/audio/2010/08/24/2991588.htm*

Highest BASE jump: Valery Rozov breaks Guinness world record, *http://www.worldrecordacademy.com/sports/highest_BASE_jump_Valery_Rozov_breaks_Guinness_world_record_213415.html*

Dean Potter, *Above It All, http://www.tonywingsuits.com/deanpotter.html*

Sparta

Według przypadkowego nieznajomego w internecie: Andy Lubienski, *The Longbow*, obecnie strona nie działa.

Osuszanie oceanów. Część I

Szacowane na podstawie maksymalnego ciśnienia, jakie mogą wytrzymać płyty kadłubów lodołamaczy: *http://www.iacs.org.uk/document/public/Publications/Unified_requirements/PDF/UR_I_pdf410.pdf*

Alan J. Rindels, John S. Gulliver, *An experimental study of critical submergence to avoid freesurface vortices at vertical intakes, http://www.leg.state.mn.us/docs/pre2003/other/840235.pdf*

Osuszanie oceanów. Część II

Donald Rapp, *Accessible Water on Mars*, Jet Propulsion Laboratory, grudzień 2004, 7. wydanie: lipiec 2006, *http://www.researchgate.net/publication/228806019_Accessible_Water_on_Mars*

D.L. Santiago i in., *Mars climate and outflow events*, *http://spacescience.arc.nasa.gov/mars-climate-workshop-2012/documents/extendedabstracts/Santiago_DL_ExAbst.pdf*

D.L. Santiago i in., *Cloud formation and water transport on Mars after major outflow events*, 43. Planetary Science Conference (2012).

Maggie Fox, *Mars May Not Have Been Warm or Wet, http://rense.com/general32/marsmaynothave.htm*

Twitter

The Story of Mankind, http://books.google.com/books?id= RskHAAAAIAAJ&pg=PA1,v=onepage&q&f=false

Counting Characters, *https://dev.twitter.com/docs/counting-characters*
C.E. Shannon, *A Mathematical Theory of Communication*, *http://cm.bell-labs.com/cm/ms/what/shannonday/shannon1948.pdf*

Most z klocków Lego

Ruth Alexander, *How tall can a Lego tower get?*, *http://www.bbc.co.uk/news/magazine-20578627*
Tristan Lostroh, *Investigation Into the Strength of Lego Technic Liftarms and Brick Beams and of Liftarm Pin Connections*, *http://eprints.usq.edu.au/20528/1/Lostroh_LegoTesting_2012.pdf*
Total value of property in London soars to £1.35trn, *http://www.standard.co.uk/business/business-news/total-value-of-property-in-london-soars-to-135trn-8779991.html*

Przypadkowe kichnięcie

Cari Nierenberg, The Perils of Sneezing, ABC News, 22 grudnia 2008, *http://abcnews.go.com/Health/ColdandFluNews/story?id=6479792&page=1*
Bischoff Werner E., Michelle L. Wallis, Brian K. Tucker, Beth A. Reboussin, Michael A. Pfaller, Frederick G. Hayden, Robert J. Sherertz, *'Gesundheit!' Sneezing, Common Colds, Allergies, and Staphylococcus aureus Dispersion*, „*Journal of Infectious Diseases*" 2006, t. 194, nr 8, s. 1119–1126, DOI:10.1086/507908, *http://jid.oxfordjournals.org/content/194/8/1119.full*
Ronald L. Holle, *Annual Rates of Lightning Fatalities by Country*, *http://www.vaisala.com/Vaisala%20Documents/Scientific%20papers/Annual_rates_of_lightning_fatalities_by_country.pdf*

Powiększająca się Ziemia

„Podsumowując, nie wykryto statystycznie znaczącego powiększania się Ziemi przy niepewności pomiaru wynoszącej 0,2 mm na rok" – X. Wu, X. Collilieux, Z. Altamimi, B.L.A. Vermeersen, R.S. Gross, I. Fukumori (2011), *Accuracy of the International Terrestrial Reference Frame origin and Earth expansion*, „Geophysical Research Letters", t. 38, nr 13, lipiec 2011, DOI:10.1029/2011GL047450, *http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid/3A72ed93c0-d13e-427c-8c5f-f013b737750e/*
Lawrence Grybosky, *Thermal Expansion and Contraction*, *http://www.engr.psu.edu/ce/courses/ce584/concrete/library/cracking/thermalexpansioncontraction/thermalexpcontr.htm*
Dimitar D. Sasselov, *The life of super-Earths: How the hunt for alien worlds and artificial cells will revolutionize life on our planet*, Basic Books, New York 2012.
R.M. Franz, P.C. Schutte, *Barometric hazards within the context of deep-level mining*, *„The Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy", lipiec 2005, t. 105, http://www.saimm.co.za/Journal/v105n06p387.pdf*
H.C. Plummer, *Note on the motion about an attracting centre of slowly increasing Mass*, *„Monthly Notices of the Royal Astronomical Society" 1906*, t. 66, s. 83, *http://adsabs.harvard.edu/full/1906MNRAS..66…83P*

Nieważka strzała

Hunting Arrow Selection Guide: Chapter 5, *http://www.huntersfriend.com/carbon_arrows/hunting_arrows_selection_guide_chapter_5.htm*
USA Archery Records, 2009, *http://www.usaarcheryrecords.org/FlightPages/2009/2009%20National%20Regular%20Flight%20Records.pdf*
Air flow around the point of an arrow, http://pip.sagepub.com/content/227/1/64.full.pdf

NASA, *STS-124: KIBO, http://www.nasa.gov/pdf/228145main_sts124_presskit2.pdf*

Ziemia bez Słońca

E.W. Cliver, L. Svalgaard, *The 1859 Solar–Terrestrial Disturbance and the Current Limits of Extreme Space Weather Activity*, „Solar Physics" 2004, t. 224, s. 407–422, *http://www.leif.org/research/1859%20Storm%20-%20Extreme%20Space%20Weather.pdf*

B.T. Tsurutani, W.D. Gonzales, G.S. Lakima, S. Alex, *The extreme magnetic storm of 1–2 September 1859*, „Journal of GeophysicaL Research", t. 108, nr A7, s. 1268, *http://trs-new.jpl.nasa.gov/dspace/bitstream/2014/8787/1/02-1310.pdf*

Geomagnetic Storms, http://www.oecd.org/governance/risk/46891645.pdf

Roger A. Pielke jr, Joel Gratz, Christopher W. Landsea, Douglas Collins, Mark A. Saunders, Rade Musulin, *Normalized Hurricane Damage in the United States: 1900–2005*, *http://sciencepolicy.colorado.edu/admin/publication_files/resource-2476-2008.02.pdf*

A Satellite System for Avoiding Serial Sun-Transit Outages and Eclipses, „Bell System Technical Journal" 1970, t. 49, nr 8

Impacts of Federal-Aid Highway Investments Modeled by NBIAS, *http://www.fhwa.dot.gov/policy/2010cpr/chap7.htm#9*

Elizabeth Christen, *Time zones matter: The impact of distance and time zones on services trade*, *http://eeecon.uibk.ac.at/wopec2/repec/inn/wpaper/2012-14.pdf*

Baby Fact Sheet:Sunburn, *http://www.ndhealth.gov/familyhealth/mch/babyfacts/Sunburn.pdf*

R.A. Breitenbach, P.K. Swisher, M.K. Kim, B.S. Patel, *The photic sneeze reflex as a risk factor to combat pilots*, *http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8108024*

David J. Eagan, *Burned by wild parsnip*, *http://dnr.wi.gov/wnrmag/html/stories/1999/jun99/parsnip.htm*

Uaktualnianie drukowanej Wikipedii

BrandNew, *Wikipedia as a Printed Book*, *http://www.brandnew.uk.com/wikipedia-as-a-printed-book/*

ToolServer, *Edit rate*, *http://toolserver.org/~emijrp/wmcharts/wmchart0001.php*

QualityLogic, *Cost of Ink Per Page Analysis*, czerwiec 2012, *http://www.qualitylogic.com/tuneup/uploads/docfiles/QualityLogic-Cost-of-Ink-Per-Page-Analysis_US_1-Jun-2012.pdf*

Zachód słońca nad imperium brytyjskim

Eddie Izzard – Do you have a flag?, *http://www.youtube.com/watch?v=uEx5G-GOS1k*

This Sceptred Isle: Empire. A 90 part history of the British Empire, *http://www.bbc.co.uk/radio4/history/empire/index.shtml*

A Guide to the British Overseas Territories, *http://www.telegraph.co.uk/news/wikileaks-files/london-wikileaks/8305236/A-GUIDE-TO-THE-BRITISH-OVERSEAS-TERRITORIES.html*

William Prochnau, Laura Parker, Trouble in Paradise, *http://www.vanityfair.com/culture/features/2008/01/pitcairn200801*

Long History of Child Abuse Haunts Island 'Paradise', *http://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=103569364*

JavaScript Solar Eclipse Explorer, *http://eclipse.gsfc.nasa.gov/JSEX/JSEX-index.html*

Mieszanie herbaty

Brawn Mixer, Inc., Principles of Fluid Mixing (2003), *http://www.craneengineering.net/products/mixers/documents/craneEngineeringPrinciplesOfFluidMixing.pdf*

Cooling a cup of coffee with help of a spoon, http://physics.stackexchange.com/questions/5265/cooling-a-cup-of-coffee-with-help-of-a-spoon/5510,5510

Wszystkie piorun y

National Weather Service, *Introduction to Lightning Safety*, Wilmington, Ohio, *http://www.erh.noaa.gov/iln/lightning/2012/lightningsafetyweek.php*

Rodrigo E. Bürgesser, Maria G. Nicora, and Eldo E. Ávila, *Characterization of the lightning activity of Relámpago del Catatumbo," „Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics"* 2011, *http://wwlln.net/publications/avila.Catatumbo2012.pdf*

Najbardziej samotny człowiek

BBC Future, The loneliest human being, wywiad z Alem Wordenem, 2 kwietnia 2013, *http://www.bbc.com/future/story/20130401-the-loneliest-human-being/1*

Kropla deszczu

SSMI/SSMIS/TMI-derived Total Precipitable Water – North Atlantic, http://tropic.ssec.wisc.edu/real-time/mimic-tpw/natl/main.html

Structure of Florida Thunderstorms Using High-Altitude Aircraft Radiometer and Radar Observations, „Journal of Applied Meteorology", http://journals.ametsoc.org/doi/abs/10.1175/1520-0450%281996%29035%3C1736%3ASOFTUH%3E2.0.CO%3B2

Zgadywanie odpowiedzi w teście SAT

Mary Ann Cooper, *Disability, Not Death Is the Main Problem with Lightning Injury, http://www.uic.edu/labs/lightninginjury/Disability.pdf*

2008 Lightning Fatalities, http://www.nws.noaa.gov/om/hazstats/light08.pdf

Pocisk neutronowy

M. Iremonger, P.J. Hazell, *Influence of Small Arms Bullet Construction on Terminal Ballistics, http://hsrlab.gatech.edu/AUTODYN/papers/paper162.pdf*

McCall, Benjamin, *Q & A: Neutron Star Densities*, University of Illinois, *http://van.physics.illinois.edu/qa/listing.php?id=16748*

METRYKA DRUKARSKA

Tekst tej książki został wydrukowany czcionką Adobe Caslon Pro, wariantem Caslonu zaprojektowanym w 1990 roku przez Carol Twombly w oparciu o wzory stron czcionki Caslon.

Przypisy końcowe

1. To znaczy nie od razu. [wróć]
2. Chociaż bez siły Coriolisa nie sposób określić, w którą stronę mogłyby się obracać te burze. [wróć]
3. Przeczytaj Leap Seconds (Sekundy przestępne) na stronie what-if.xkcd.com/26, aby dowiedzieć się, dlaczego tak się dzieje. [wróć]
4. Po pierwszej publikacji tego artykułu skontaktował się ze mną Hans Rinderknecht, fizyk z MIT, i poinformował mnie, że przeprowadził symulację tego przypadku na komputerach w swoim laboratorium. Okazało się, że w początkowej fazie lotu piłki większość cząsteczek powietrza poruszałaby się zbyt szybko, aby doszło do fuzji jądrowej. Przeszłyby one przez piłkę, podgrzewając ją wolniej i bardziej równomiernie, niż to przedstawiłem w pierwotnym artykule. [wróć]
5. To akurat fatalna wiadomość – mógłby być z niej świetny napój energetyczny. [wróć]
6. Znani także jako lud Lenape. [wróć]
7. Znane także jako kuguary. [wróć]
8. Moglibyśmy jednak nie zobaczyć miliardów gołębi napotkanych przez europejskich osadników. Charles C. Mann w swojej książce 1491 dowodzi, że ich liczba mogła być przejawem chaosu w ekosystemie zaburzonym przez pojawienie się ospy, wierzchliny łąkowej oraz pszczół. [wróć]
9. To znaczy miejsca, w którym obecnie leży Yonkers. Pewnie nie nazywało się ono Yonkers, ponieważ nazwa ta pochodzi od holenderskiej osady założonej w końcu XVII wieku. Niektórzy utrzymują jednak, że miejsce zwane Yonkers istniało zawsze, jeszcze przed pierwszymi ludźmi i samą Ziemią. Przypuszczam, że tylko ja tak uważam, ale jestem bardzo gadatliwy. [wróć]
10. Chociaż byłoby w nim mniej billboardów. [wróć]

11. No cóż, **był**. Kładziemy temu kres. [wróć]
12. Gdyby ktoś pytał, to zwykły zbieg okoliczności. [wróć]
13. Jeśli ktoś wie, proszę o e-mail! [wróć]
14. Patrz: Xkcd, Pule randkowe, http://xkcd.com/314. [wróć]
15. „Jesteśmy 0,99 procent”. [wróć]
16. Dyskusyjną sprawą jest, czy taka wiązka światła laserowego z Ziemi w ogóle dotarłaby do Księżyca (przyp. red.). [wróć]
17. Wyobraźcie sobie niebezpieczne, radioaktywne, nietrwałe pokemony. [wróć]
18. W chwili gdy to czytacie, może już istnieć ósmy rząd. Jeśli zaś czytacie to w roku 2038, układ okresowy pierwiastków ma 10 rzędów, lecz wszelkie wzmianki lub dyskusje o nim są zakazane przez rządzące światem roboty. [wróć]
19. Przy założeniu, że pierwiastki te występowałyby w formie dwuatomowej (np. O2 i N2). Jeśli jednak sześcian byłby zbudowany z pojedynczych atomów, natychmiast połączyłyby się one ze sobą, osiągając temperaturę tysięcy stopni. [wróć]
20. Lowe jest autorem bloga In the Pipeline, poświęconego badaniom nad lekami. [wróć]
21. Ta jego właściwość wykorzystywana jest w budzących kontrowersje pociskach zapalających. [wróć]
22. Poszukajcie na YouTube „gallium infiltration” (nasiąkanie galu) i zobaczcie, jak to dziwnie wygląda. [wróć]
23. W 2006 roku polonu-210 użyto do zamordowania byłego oficera KGB Aleksandra Litwinienki. [wróć]
24. Radon jest tym dobrym. [wróć]
25. Takim, obok którego przechodzimy obojętnie. [wróć]
26. Nieprzetłumaczalna gra słów: w języku angielskim słowo mole oznacza zarówno jednostkę miary, jak i kreta (przyp. tłum.). [wróć]
27. Jeden mol to w przybliżeniu liczba atomów w gramie wodoru. Tak się również składa, że to orientacyjna liczba ziarenek piasku na naszej planecie. [wróć]
28. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Condylura.jpg [wróć]
29. To czysty zbieg okoliczności. Wcześniej nie miałem o tym pojęcia – tak się składa, że mila sześcienna to prawie dokładnie 4p/3 kilometra sześciennego, zatem kula o promieniu x kilometrów ma taką samą objętość jak sześcian o boku x mil. [wróć]
30. Niespokrewniony z innymi odmianami. [wróć]
31. Ale niekoniecznie tych, które są podłączone jako drugie urządzenie z kolei. Jeśli do ładowarki dołączony jest smartfon lub laptop, prąd może płynąć do niego z gniazdka

w ścianie przez ładowarkę. [wróć]

32. Uwaga: gdybyście znaleźli się kiedyś razem ze mną w płonącym budynku, lepiej zignorujcie moje pomysły na znalezienie wyjścia z tej sytuacji. [wróć]
33. Gdy Enrico Fermi zbudował pierwszy reaktor jądrowy, zawiesił pręty kontrolne na linie przymocowanej do poręczy balkonu. Na wszelki wypadek w pobliżu poręczy stał inny wybitny fizyk z siekierą. Stąd pochodzi prawdopodobnie rodzaj apokryfu mówiący, że skrót SCRAM oznacza Safety Control Rod Axe Man, czyli „człowiek z siekierą systemem bezpieczeństwa pręta”. [wróć]
34. Sondę rozbito, aby przypadkowo nie uległ skażeniu żaden z pobliskich księżyców, na przykład składający się w dużej mierze z wody księżyc Europa, na którym żyją bakterie. [wróć]
35. W Związku Radzieckim niektóre latarnie morskie czerpały energię z rozpadu promieniotwórczego, ale żadna z nich już nie działa. [wróć]
36. Jeśli miałbym sądzić po ilości amunicji walającej się po jego domu i tylko czekającej na to, żebym ją zmierzył i zważył, uznałbym, że Teksas stał się czymś w rodzaju postapokaliptycznej strefy wojennej z filmu Mad Max. [wróć]
37. Najlepiej kogoś, kto posiada mniej amunicji. [wróć]
38. Nie zapewniłoby to nam przeżycia, ale… [wróć]
39. Przy szukaniu odpowiedzi na to pytanie zakładałem typowe warunki pogodowe. Mogą się one oczywiście znacznie różnić. [wróć]
40. …wynoszącego zwykle, według wskazań barometru w moim telefonie, od 70 do 80 procent ciśnienia na poziomie morza. [wróć]
41. Niezależnie od jednostki pomiaru temperatury. [wróć]
42. Prawdę mówiąc, w scenariuszu z nagim człowiekiem pojawia się więcej pytań niż odpowiedzi. [wróć]
43. Chociaż płomienie zapałek i pochodni mają zbliżoną temperaturę, twardziele w filmach gaszą zapałki, ściskając je palcami, ale nigdy nie robią tego samego z pochodniami. [wróć]
44. Albo przewodzenie. [wróć]
45. Gdyby łódź poruszała się w stronę Słońca, jej powierzchnia nagrzewałaby się, ale wciąż więcej ciepła traciłaby, niż uzyskiwała. [wróć]
46. Poszukajcie: Chris Landsea, Why don’t we try to destroy tropical cyclones by nuking them? (Dlaczego nie próbujemy niszczyć tropikalnych cyklonów za pomocą broni jądrowej?). [wróć]

47. Albo, skoro już o tym mowa, prawdziwą kulę. [wróć]
48. Paleontolodzy oceniają, że miał prawie pięć metrów wzrostu. [wróć]
49. Mimo że jest ona nazywana „udarem powrotnym”, to ładunek wciąż płynie w dół. Jednak nam wydaje się, że wyładowanie porusza się do góry. Podobny efekt obserwujemy, gdy na skrzyżowaniu zapala się zielone światło. Najpierw ruszają samochody z przodu, a później kolejne stojące za nimi, co sprawia wrażenie, że ruch kieruje się do tyłu. [wróć]
50. Ze względów bezpieczeństwa nie używajcie jednak prawdziwej kuli. [wróć]
51. Z wyjątkiem odmiany Red Delicious, której nazwa to zwykła kpina. [wróć]
52. Z dzieciństwa pamiętam, że w naszym domu było dużo wazonów. [wróć]
53. Jeszcze nie. [wróć]
54. Dane te pochodzą z wykazu: http://www.frc.ri.cmu.edu/users/hpm/book97/ch3/processor.list.txt zamieszczonego w książce Hansa Moraveca Robot: Mere Machine to Transcendent Mind. [wróć]
55. Chociaż nawet w ten sposób nie zawsze udaje się przechwycić wszystkie informacje. Biologia człowieka jest bardzo złożona. [wróć]
56. Do symulacji użyto 82 944 procesorów, z których każdy składał się z 750 milionów tranzystorów. Superkomputer **K** potrzebował 40 minut na przeprowadzenie jednosekundowej symulacji aktywności mózgu – i to mózgu, w którym naukowcy odtworzyli tylko jeden procent całej sieci neuronowej. [wróć]
57. Jeśli czytacie tę książkę po roku 2036, witam z odległej przeszłości! Mam nadzieję, że w przyszłości żyje się lepiej. PS. Proszę, znajdźcie sposób, żeby nas stąd wydostać. [wróć]
58. TNM. [wróć]
59. Nie każdy jednak odbiera ją w ten sposób. Mallory Ortberg (na stronie the-toast.net) uważa, że bohater Małego Księcia jest bogatym dzieciakiem, żądającym, aby ocalały w katastrofie lotniczej pilot rysował dla niego obrazki, a potem krytykującym jego styl rysowania. [wróć]
60. …dlatego też powinna ona być nazywana graniczną wartością prędkości – ponieważ fakt, że nie posiada ona kierunku (co odróżnia „wartość prędkości” od „prędkości” jako wielkości wektorowej), ma w naszym przypadku zaskakująco duże znaczenie. [wróć]
61. Prawdopodobnie coś takiego stało się z bohaterem gry komputerowej Sonic the Hedgehog. [wróć]

62. Czyli „krwiste steki z Pittsburgha” (przyp. tłum.). [wróć]
63. To znaczy byłby w całości, ale niekoniecznie nadawałby się do **jedzenia**. [wróć]
64. Wiem, co być może niektórzy z was teraz myślą, i moja odpowiedź brzmi „nie”. Stek nie spędzi wystarczająco dużo czasu w pasach Van Allena, żeby w następstwie promieniowania ulec sterylizacji. [wróć]
65. Chociaż materiałem pędnym nie jest w nim powietrze, tylko wodór, i **naprawdę** można sobie nim wybić oko. [wróć]
66. Każda infekcja górnych dróg oddechowych może być w istocie przyczyną „zwykłego przeziębienia”. [wróć]
67. To nie sam wirus, ale działanie układu odpornościowego jest tak naprawdę przyczyną objawów przeziębienia. [wróć]
68. Z matematycznego punktu widzenia to stwierdzenie jest prawdziwe. Gdyby średnia była mniejsza niż jeden, wirus by wymarł, a gdyby była wyższa niż jeden, wszyscy byliby bez przerwy przeziębieni. [wróć]
69. 450 milionów ludzi. [wróć]
70. 650 milionów ludzi. [wróć]
71. Najpierw próbowałem zadać to pytanie Cory’emu Doctorowowi, redaktorowi strony internetowej Boing Boing, lecz on wytłumaczył mi cierpliwie, że w istocie nie jest doktorem. [wróć]
72. Mieszkańcy wysp St Kilda prawidłowo zidentyfikowali statki jako źródło epidemii. Jednak ówcześni eksperci medyczni odrzucali taką koncepcję i uznali, że to wyspiarze są winni, ponieważ witają przybyszów, stojąc na zimnie, a ponadto świętują przybycie statków, pijąc zbyt dużo alkoholu. [wróć]
73. Pod warunkiem że w czasie kwarantanny nie zabrakłoby nam pożywienia i wszyscy nie umarlibyśmy z głodu; w takim przypadku ludzkie rinowirusy wymarłyby razem z nami. [wróć]
74. Zapewne nawet próżnia nie jest zupełnie pusta, ale to już problem semantyków kwantowych. [wróć]
75. Oczywiście jeśli ktoś miałby na to ochotę. [wróć]
76. Wbrew twierdzeniom niektórych mało wiarygodnych rysowników komiksów internetowych. [wróć]
77. Przez znaczną część tamtego okresu nie było mnie jeszcze na Ziemi, ale z tego co słyszałem, nie było wtedy wesoło. [wróć]

78. Dokładnie coś takiego zdarzyło się nam w 1977 roku. Źródło tamtego sygnału (nazwanego sygnałem „Wow!”) nigdy nie zostało zidentyfikowane. [wróć]
79. Tak, „odśrodkową”. I będę się tego trzymał. [wróć]
80. Nie mam na to żadnego potwierdzenia, ale odnoszę wrażenie, że ktoś by o tym coś wiedział. [wróć]
81. Istnieje kilka gatunków grzybów z rodzaju Amanita zwanych muchomorami jadowitymi – w tym muchomor sromotnikowy – które odpowiadają za zdecydowaną większość śmiertelnych zatruć grzybami. [wróć]
82. Źródło: Złapałem jednego z waszych przyjaciół, jak wślizgnął się do waszego pokoju, gdy spaliście, żeby sprawdzić to za pomocą mikroskopu. [wróć]
83. Leki wzmacniające odporność, takie jak pegfilgrastim (Neulasta), stymulują produkcję białych ciałek krwi przez „wmawianie” naszemu organizmowi, że musi się bronić przed poważną infekcją bakterią E. coli. [wróć]
84. Z jedną małą różnicą: jeśli kapniemy klejem superglue na bawełnianą nić, ona się zapali. [wróć]
85. Ekstremalnie wysokie dawki promieniowania powodują szybką śmierć, ale nie z powodu uszkodzenia DNA. Rozpuszczają one barierę krew-mózg, co prowadzi do nagłego zgonu w wyniku krwotoku śródmózgowego. [wróć]
86. Cessna 172 Skyhawk, prawdopodobnie najpopularniejszy samolot na świecie. [wróć]
87. W dodatku nasza benzyna jest **zrobiona** z bardzo starych roślin. [wróć]
88. To ci, którzy piszą o samolotach, używając zwykle wielkich liter. [wróć]
89. Kiepski ze mnie handlowiec, prawda? [wróć]
90. Motto: „Trochę bardziej niebieski”. [wróć]
91. Nie bez znaczenia jest też fakt, że Kanada posiada wiele połączeń lotniczych z Kubą. [wróć]
92. Sytuacja zmieniła się w 2013 roku, kiedy linia lotnicza Frontier Airlines zaczęła latać pomiędzy New Castle Airport i Fort Myers na Florydzie. Nie uwzględniłem tego faktu w moich obliczeniach, ale możliwe, że stan Delaware został w ten sposób zepchnięty na niższą pozycję w zestawieniu. [wróć]
93. Zaliczam do nich również stan Rhode Island, chociaż chyba niesłusznie. [wróć]
94. Szukając odpowiedzi na to pytanie, badałem zagadnienie prędkości upadku i na stronie internetowej Straight Dope Message natrafiłem na dyskusję o tym, z jakiej wysokości można spaść i przeżyć. Jeden z jej uczestników porównywał następstwa upadku z wysokości z uderzeniem przez autobus, a inny, lekarz orzecznik, uważał, że

to nie jest dobre porównanie. Oto co napisał: „W większości przypadków po uderzeniu przez samochód nie jest się przejechanym, ale leci się do góry. Kończyny dolne ulegają złamaniu, a nasze ciało spada na maskę. Głowa często uderza o przednią szybę, co powoduje pęknięcie tej szyby. Czasami na szkle pozostaje garść włosów. Potem człowiek przelatuje nad pojazdem ze złamanymi nogami i być może także z bólem głowy spowodowanym uderzeniem o szybę. Śmierć następuje po uderzeniu o ziemię, a jej przyczyną są urazy głowy". Wniosek: nie mieszajcie w głowach lekarzom orzecznikom. Są najwyraźniej hardcorowi. [wróć]

95. W samych Stanach Zjednoczonych jest prawdopodobnie około miliona ton psów domowych. [wróć]
96. Ponieważ 1 jest identycznością multiplikatywną. [wróć]
97. Niektóre odmiany rdzeniowego zaniku mięśni są w istocie spowodowane uszkodzeniem **dwóch** genów, co oznacza, że rzeczywisty statystyczny obraz jest trochę bardziej skomplikowany. [wróć]
98. No dobra, to tylko jedna z przyczyn. [wróć]
99. Istnieje hybrydowy gatunek salamandry, Ambystoma tremblay, który rozmnaża się tylko przez samozapłodnienie. Wszystkie te salamandry są rodzaju żeńskiego i – co dziwne – mają trzy genomy zamiast dwóch. Aby się rozmnożyć, odprawiają rytuały godowe z męskimi przedstawicielami innych gatunków salamandry, a następnie składają jaja powstałe w wyniku samozapłodnienia. Salamandry rodzaju męskiego nie mają z tego żadnych korzyści, służą jedynie do stymulacji składania jaj. [wróć]
100. Źródło: moja kariera w baseballowej Little League. [wróć]
101. Kontrprzykład: moja kariera w baseballowej Little League. [wróć]
102. Gdzie pozostały na zawsze. [wróć]
103. Oraz wielu innych danych. [wróć]
104. Jeszcze rzadziej w przypadku dzieci, ponieważ ich ciała mają mniej atomów. Statystycznie rzecz biorąc, nasz pierwszy kontakt z neutrinem następuje w wieku około 10 lat. [wróć]
105. Co wciąż stanowiłoby mniej niż jeden procent wszystkich mrówek świata. [wróć]
106. Jeśli chcecie być złośliwi w stosunku do studentów pierwszego roku specjalizujących się w analizie matematycznej, zapytajcie któregoś, jaka jest pochodna ln(x)e dx. Wydaje się, że powinna ona wynosić 1, ale tak nie jest. [wróć]
107. 3,262 roku świetlnego lub trochę mniej niż odległość dzieląca nas do Alfy Centauri. [wróć]

108. Patrz: wykresy dawek promieniowania, http://xkcd.com/radiation. [wróć]
109. Wpiszcie w wyszukiwarkę Google: „hit a curb at 60” (uderzenie w krawężnik z prędkością 100 kilometrów na godzinę). [wróć]
110. Samochody są wszędzie. Weźcie linijkę i sprawdźcie sami. [wróć]
111. Gdy jedziemy z bardzo dużą prędkością, możemy łatwo stracić kontrolę nad samochodem, nawet jeśli nie uderzymy w próg zwalniający. Po wypadku, który wydarzył się przy prędkości 350 kilometrów na godzinę, z chevroleta camaro kierowanego przez Joeya Huneycutta został tylko wypalony szkielet. [wróć]
112. Czyli przy założeniu, że nieśmiertelny człowiek ma kształt kuli i znajduje się w próżni… [wróć]
113. Na przykład co się stało z pozostałymi ludźmi? Czy nie spotkała ich jakaś krzywda? [wróć]
114. Mimo to „obliczanie widoczności” brzmi **naprawdę** fajnie. Już wiem, co będę robił w sobotę wieczorem! [wróć]
115. Dlatego też zwykle nie bierzemy pod uwagę takich scenariuszy. [wróć]
116. Oczywiście niektóre okolice stanowiłyby duże wyzwanie. Na terenach zalewowych w Luizjanie, w lasach mangrowych na Karaibach czy wokół fiordów poruszalibyśmy się wolniej niż po plaży. [wróć]
117. Szczególnie na niską orbitę okołoziemską, na której znajduje się Międzynarodowa Stacja Kosmiczna (ISS) i dokąd dolatują promy kosmiczne. [wróć]
118. X-15 dwukrotnie dotarł na wysokość 100 kilometrów; za każdym razem pilotem był Joe Walker. [wróć]
119. Lub trochę mniej, jeśli znajdujemy się w pobliżu górnej granicy niskiej orbity okołoziemskiej. [wróć]
120. Ten gwałtowny wzrost zapotrzebowania na paliwo stanowi istotny problem w technice rakietowej. Zwiększenie prędkości o 1 kilometr na sekundę wymaga zabrania takiej ilości paliwa, że masa całej rakiety zwiększa się o 40 procent. Aby dostać się na orbitę, musimy osiągnąć prędkość 8 kilometrów na sekundę, co oznacza ogromne zapotrzebowanie na paliwo: $1{,}4 \times 1{,}4 \times 1{,}4 \times 1{,}4 \times 1{,}4 \times 1{,}4 \times 1{,}4 \times 1{,}4 \approx 15$ razy początkowa masa statku kosmicznego. Podobny problem pojawia się przy hamowaniu: prędkość mniejsza o 1 kilometr na sekundę wymaga zwiększenia masy o ten sam mnożnik (1,4). Jeśli chcemy wyhamować silnikami rakietowymi i łagodnie wejść w atmosferę, potrzebne do tego paliwo zwiększa masę całkowitą statku kolejne 15 razy. [wróć]

121. Istnieją różne aplikacje i narzędzia internetowe, które pomagają zobaczyć nie tylko tę stację, ale też inne ciekawe satelity. [wróć]
122. Jakiegokolwiek rodzaju. [wróć]
123. Takie zachowanie jest zgodne z zasadami futbolu australijskiego. [wróć]
124. Rytm piosenki Stayin' Alive (Pozostańmy przy życiu) wykorzystywany jest do mierzenia upływu czasu podczas szkoleń z resuscytacji krążeniowo-oddechowej. [wróć]
125. Informacja dla tych, którzy zajmują się statystyką: w sieci Wagnera trwa to 2350 razy dłużej. [wróć]
126. Zasada oparta na praktyce: jedna osoba na metr kwadratowy to „rzadki tłum", cztery osoby na metr kwadratowy to „dziki tłum". [wróć]
127. Ściśle rzecz biorąc, była to rasa orków zwana Uruk-Hai. Dokładne określenie ich pochodzenia nie jest łatwe. Tolkien sugerował, że powstała ona w wyniku krzyżowania ludzi z orkami. Jednak wcześniejsza wersja scenariusza zamieszczona w Księdze zaginionych opowieści mówi, że urukowie powstali z „gorącego szlamu z wnętrzności Ziemi". Przenosząc tę historię na ekran, reżyser Peter Jackson rozsądnie zdecydował się na ten drugi pomysł. [wróć]
128. Pamiętajcie o oczyszczeniu co kilka dni filtra przeciw wielorybom! [wróć]
129. Hendrik Willem Van Loon, Dzieje ludzkości w przekładzie Jana S. Zeusa. [wróć]
130. W tym przykładzie zawarta jest również bardzo płytka myśl o koniu w piątej alejce. [wróć]
131. Miłośnicy klocków zwrócą mi uwagę, że powinienem napisać: „LEGO". [wróć]
132. Prawdę mówiąc, Grupa LEGO® domaga się, żeby pisać: „LEGO®". [wróć]
133. Z drugiej strony pisarze nie są prawnie zobowiązani do stosowania symbolu znaku towarowego. Wikipedia upoważnia nas do pisania: „Lego". [wróć]
134. Taki sposób zapisu, stosowany w Wikipedii, jest również krytykowany. Gorące dyskusje na ten temat zajmują wiele stron i zawierają także nieprzemyślane groźby poczynienia kroków prawnych. Debatuje się też nad możliwością pisania nazwy kursywą. [wróć]
135. Okej, **nikt** tego tak nie pisze. [wróć]
136. Żadnych zastrzeżeń. [wróć]
137. Źródło: Zbudowałem z klocków Lego łódź, która położona na wodzie zatonęła :([wróć]
138. Dostanę w tej sprawie groźnie brzmiący e-mail. [wróć]

139. Być może był wtedy sezon ogórkowy. [wróć]
140. Oraz masy uszczelniającej. [wróć]
141. Gdybyśmy chcieli użyć elementów Lego, moglibyśmy skorzystać z zestawów zawierających nylonowe liny. [wróć]
142. A potem zadali mi jeszcze takie pytania: „Zaraz, powiedziałeś, że **co** próbujecie zbudować?” i „A w ogóle to kto cię tu wpuścił?”. [wróć]
143. Mój ulubiony odcinek serialu Przyjaciele. [wróć]
144. Zróbcie sobie zdjęcie ze znakiem „Uwaga, niedźwiedzie polarne”. [wróć]
145. Te wskazówki mają zastosowanie także w przypadku drugiego rodzaju Terminatora. [wróć]
146. Patrz: xkcd, Angular Momentum (Moment pędu), http://xkcd.com/162/. [wróć]
147. Brałem pod uwagę średni wskaźnik zabójstw w USA, który wynosi cztery na 100 tysięcy osób i jest jednym z najwyższych w krajach uprzemysłowionych. [wróć]
148. Źródło: Fakt, że żyjemy. [wróć]
149. Aby uzmysłowić sobie kontekst: tyle trwa 490 odtworzeń piosenki Hey, Jude. [wróć]
150. Jeśli najbardziej interesującym rezultatem trwających ponad 58 godzin badań były cztery kichnięcia, to ja już wolę 490 odtworzeń piosenki Hey, Jude. [wróć]
151. Dowodem potwierdzającym tę teorię było odkrycie, że dno morskie zwiększa swoją powierzchnię. To, w jaki sposób zjawisko powiększania się dna morskiego oraz odwrócenie biegunów magnetycznych wzajemnie się potwierdzają, jest jednym z moich ulubionych przykładów praktycznego zastosowania odkryć naukowych. [wróć]
152. Okazuje się, że jest ona trochę głupia. [wróć]
153. Okazuje się, że ocean także powiększa swoją objętość, ponieważ staje się coraz cieplejszy. Jest to (obecnie) główna przyczyna podnoszenia się poziomu oceanów w wyniku globalnego ocieplenia. [wróć]
154. Mówiąc dokładniej, nasza waga wskazywałaby taki ciężar (przyp. red.). [wróć]
155. Masa jest proporcjonalna do promienia podniesionego do sześcianu, a natężenie pola grawitacyjnego do masy pomnożonej przez odwrotność kwadratu promienia, czyli promień3 / promień2 = = promień. [wróć]
156. To jest to, o czym marzymy, gdy przebywamy w drapaczu chmur. [wróć]
157. Choć nie ufałbym windom. [wróć]
158. Przez lata natężenie pola grawitacyjnego zwiększałoby się szybciej, niż można by się spodziewać, ponieważ materiał, z którego zbudowana jest Ziemia, zagęściłby się pod

własnym ciężarem. Ciśnienie wewnątrz planet jest w przybliżeniu proporcjonalne do kwadratu ich powierzchni, tak więc jądro Ziemi zostałoby mocno ściśnięte, http://cseligman.com/text/planets/internalpressure.htm. [wróć]

159. Chociaż niektóre radioaktywne pierwiastki takie jak uran są ciężkie, to i tak zostałyby wypchnięte z niższych warstw Ziemi, ponieważ ich atomy nie wpasowywałyby się na tych głębokościach dobrze w strukturę skał. Więcej informacji w rozdziale: http://igppweb.ucsd.edu/~guy/sio103/chap3.pdf i w artykule: http://world-nuclear.org/info/Nuclear-Fuel-Cycle/Uranium-Resources/The-Cosmic-Origins-of-Uranium/,.UlxuGmRDJf4. [wróć]
160. Przykro mi, Księżycu! [wróć]
161. Zwykle też nie strzelamy do astronautów z łuku – przynajmniej nie na zaliczeniu seminarium licencjackiego. [wróć]
162. Potrzebny do tego zbiór danych byłby niewyobrażalnie duży. Walczę z pokusą rozpoczęcia pracy nad jego opracowaniem. [wróć]
163. W każdym razie tak było w czasie, gdy to pisałem, czyli przed krwawą rewolucją robotów. [wróć]
164. Statystyki korzystania z serwisu dla każdej grupy wiekowej można uzyskać za pomocą narzędzia Facebooka do tworzenia reklam, choć być może wolelibyście obliczyć to samodzielnie, zwłaszcza że z powodu ograniczeń wiekowych obowiązujących na portalu niektórzy użytkownicy nie podają prawdziwego wieku. [wróć]
165. Uwaga: w niektórych swoich przewidywaniach uwzględniłem amerykańskie dane dotyczące wieku użytkowników oraz ich korzystania z serwisu, ekstrapolowane na całą bazę Facebooka, ponieważ łatwiej znaleźć statystyki ludności i numery ubezpieczeń dotyczące tylko USA, niż zbierać je dla każdego kraju osobno. Stany Zjednoczone nie są idealnym modelem, ale podstawowe założenie dotyczące dynamiki wzrostu – czyli to, że podejście młodych ludzi do Facebooka będzie miało wpływ na sukces lub porażkę serwisu, a wzrost liczby użytkowników ustanie dopiero po pewnym czasie – sprawdzi się prawdopodobnie na całym świecie. Jeśli założymy gwałtowny wzrost liczby użytkowników Facebooka w krajach rozwijających się, które mają obecnie najszybciej rosnącą i największą procentowo liczbę młodych mieszkańców, niektóre wzorce zachowań w najbliższych latach ulegną przekształceniu, ale wbrew pozorom nie zmieni to ogólnego obrazu sytuacji. [wróć]

166. Zakładam też, że w takim przypadku żadne dane nie będą kasowane. Takie podejście ma swoje uzasadnienie, ponieważ dotychczas, jeśli ktokolwiek stworzył profil na Facebooku, profil ten istnieje nadal w niezmienionej formie, a większość ludzi po zakończeniu korzystania z serwisu nie zadaje sobie trudu, żeby go skasować. Jeśli zachowanie użytkowników zacznie być inne albo Facebook przeprowadzi masowe czyszczenie archiwów, wówczas sytuacja może się zmienić w szybki i nieprzewidywalny sposób. [wróć]
167. Oczywiście jeśli nastąpi gwałtowny wzrost wskaźnika umieralności użytkowników Facebooka – być może taki, który dotknie całą ludzkość – poszukiwana przez nas data może wypaść jutro. [wróć]
168. Mam taką nadzieję. [wróć]
169. Przynajmniej o ile im wiadomo. [wróć]
170. Wodór i tlen mają większą masową pojemność cieplną, ale są to gazy rozproszone. Jedyną inną powszechnie występującą substancją z większą masową pojemnością cieplną jest amoniak. Żadna z tych substancji nie ma z wodą szans, jeśli weźmiemy pod uwagę objętościową pojemność cieplną. [wróć]
171. Uwaga: podgrzanie wody od temperatury bliskiej wrzenia do temperatury wrzenia wymaga ogromnej porcji dodatkowej energii – nazywa się to entalpią parowania. [wróć]
172. Jeśli nie, można za to winić „niekompetencję” lub „wiry”. [wróć]
173. Wysokość wodospadu Niagara × (przyśpieszenie grawitacyjne/ciepło właściwe wody) = 0,12°C [wróć]
174. W niektórych przypadkach mieszanie płynów może faktycznie pomóc utrzymać ich temperaturę. Gorąca woda się unosi, a gdy jest jej dużo i jest ona wystarczająco spokojna (tak jak ocean), na jej powierzchni tworzą się ciepłe warstwy. Warstwa taka emituje ciepło o wiele szybciej, niż robiłaby to warstwa zimnej wody. Jeśli zaburzymy ciepłą warstwę przez mieszanie jej, tempo utraty ciepła spadnie. Właśnie dlatego huragany mają tendencję do utraty swojej mocy, gdy tylko przestają przesuwać się do przodu – fale przez nie wywołane wzburzają zimną wodę z głębin, odcinając je od cienkiej warstwy gorącej wody powierzchniowej, która stanowi dla huraganów główne źródło energii. [wróć]
175. Niektóre miksery zamknięte mogą naprawdę podgrzać w ten sposób swoją zawartość. Ale kto robi herbatę w **mikserze**? [wróć]

176. Źródło: Prezentacja przygotowana przeze mnie dla uczniów trzeciej klasy szkoły podstawowej Assawompset, podczas której miałem na sobie strój Bena Franklina. [wróć]
177. A podobno nigdy nie uderza dwa razy w to samo miejsce. [wróć]
178. Gdyby to was interesowało, wykonałem obliczenia dotyczące tornad zasilających turbiny wiatrowe i ten pomysł jest jeszcze mniej praktyczny od czerpania energii z uderzenia pioruna. Przez dowolne miejsce położone w Alei Tornad tornado przechodzi średnio tylko raz na 4 tysiące lat. Nawet jeśli udałoby się nam odzyskać całą energię nagromadzoną w tornadzie, to i tak w dłuższej perspektywie byłoby to mniej niż jeden wat przeciętnej mocy wyjściowej. Możecie mi wierzyć lub nie, ale coś podobnego próbowano już robić. Firma AVEtec zaproponowała zbudowanie „silnika wirowego" wytwarzającego sztuczne tornada, z których później czerpalibyśmy energię. [wróć]
179. Wodospad Niagara ma moc wyjściową równą bombie zrzuconej na Hiroszimę wybuchającej **co osiem godzin!** Bomba atomowa zrzucona na Nagasaki ma moc równą **1,3 bomby z Hiroszimy**! Aby jeszcze lepiej uzmysłowić sobie kontekst: delikatna bryza wiejąca nad prerią **również** posiada energię kinetyczną w przybliżeniu równą energii bomby, która spadła na Hiroszimę. [wróć]
180. Nasz dom i tak stałby już w płomieniach na skutek promieniowania termicznego plazmy w powietrzu. [wróć]
181. Ponieważ na południowo-zachodnim brzegu jeziora Maracaibo nie ma zasięgu telefonii komórkowej, musielibyśmy wykupić ofertę operatora telefonii satelitarnej, co skutkowałoby wystąpieniem opóźnienia liczonego w milisekundach. [wróć]
182. Ze względu na zakrzywienie Ziemi musielibyśmy pokonać 3619 kilometrów po jej powierzchni, żeby wynik mógł zostać uznany. [wróć]
183. Ekspedycji Amundsena nie było już wtedy na Antarktydzie. [wróć]
184. Ja zdawałem egzamin SAT dawno temu, okej? [wróć]
185. Patrz: xkcd, Conditional Risk (Ryzyko warunkowe), http://xkcd.com/795/. [wróć]
186. Reguła Pauliego nie pozwala elektronom zbytnio zbliżać się do siebie. Głównie dzięki temu laptop nie przelatuje nam przez kolana. [wróć]
187. Prawdopodobnie istnieje kategoria obiektów cięższych niż gwiazdy neutronowe – ale nie na tyle ciężkich, żeby stać się czarnymi dziurami. Takie obiekty są zwane **dziwnymi gwiazdami**. [wróć]

188. Magicznego, niezniszczalnego pistoletu, który zdołalibyśmy utrzymać i który nie urwałby nam ręki. Nie martwcie się, o tym będzie później! [wróć]
189. …Chyba że Kyp Durron użyje mocy, żeby go stamtąd wyciągnąć. [wróć]
190. Po wyciągnięciu ramienia zwróćmy uwagę na objawy choroby dekompresyjnej spowodowanej bąbelkami azotu w naczyniach krwionośnych naszej ręki. [wróć]
191. Podobnie jest ze skalą F (skala Fujity), która została zastąpiona przez skalę EF („ulepszoną skalę Fujity”). Czasami jednostka miary staje się przestarzała, ponieważ jest do niczego – na przykład „kip” (tysiąc funtów-siła), „kcfs” (tysiąc stóp sześciennych na sekundę) albo „stopnie Rankina” (stopnie Fahrenheita powyżej zera absolutnego). Musiałem czytać opracowania techniczne, w których stosowano każdą z tych jednostek. W pozostałych przypadkach odnosi się wrażenie, że naukowcy po prostu chcą poprawiać innych. [wróć]